

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Martin Drlík

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Drlík**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: Hella Autotechnik, s. r. o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta.
 - b. Seznam úkolů zadáných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti.
 - c. Zvolený postup řešení zadáných úkolů.
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe.
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Petr Kaděrka

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal“

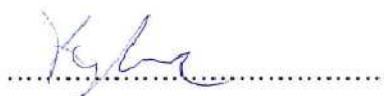
V Ostravě dne 07. května 2014



Podpis

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské / diplomové práce dle požadavků čl.26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských / magisterských programech VŠB-TU Ostrava.



V Mohelnici dne 5.5.2014

Poděkování

Rád bych poděkoval **Ing. Petrovi Kaděrkovi**, za každodenní odbornou pomoc a konzultaci při řešení zadaných úkolů. Dále děkuji celému oddělení MTZ, za možnost absolvování odborné praxe v kvalitně vybavených laboratořích. Ochota a laskavost spolupracovníků, vytvořili velmi dobré pracovní podmínky, při kterých byla radost pracovat. V neposlední řadě nemohu zapomenout na svoji rodinu, která mě po celou dobu studia plně podporovala.

Abstrakt

Cílem této práce je sestavení a naprogramování testovacího LED stánku, který umí vícekanálové měření napětí, proudů a teplot. Měřicí stánek obsahuje osobní počítač, napájecí zdroj Delta, digitální multimetr Keithley, a přepínací kartu s multiplexory. Ta je ovládána digitální I/O PCI kartou od firmy National Instruments a vybírá jeden ze čtyř možných napájecích signálů. Výstupem měření je textový soubor změřených dat pro následné vyhodnocení. Celý program pro ovládání zařízení a sběr dat byl vytvořen ve vývojovém prostředí LabVIEW. Práce popisuje technické zařízení testovacího stánku, zdrojový kód a ovládání vizualizační části vytvořené aplikace.

Klíčová slova

Testovací LED stánek, digitální multimetr, napájecí zdroj, Ethernet rozhraní, přepínací karta, PWM signál, astabilní klopný obvod, výstupní digitální PCI karta, klima kontakt, úbytek napětí na vedení, LabVIEW, DAQ Assistant, textový soubor.

Abstract

Purpose of this work is construction and programming of testing LED station, which can do multi-channel measurement of voltages, currents and temperatures. The measuring station contains personal computer, power supply Delta, digital multimeter Keithley and switching card with multicomplexors. This card is controlled by digital I/O PCI card from company National Instruments and can choose one of four possible power signals. Output of measurement is a text file of measured data for following assessment. The whole program for controlling the device and data acquisition was created in programming environment LabVIEW. This work describes technical device of testing station, source code and controlling of visualization part of created application.

Key words

Testing LED station, digital multimeter, power supply, Ethernet interface, switching card, PWM signal, astable multivibrator, digital I/O PCI card, climate contact, voltage drop on the cabling, LabVIEW, DAQ Assistant, text file.

Seznam použitých symbolů a zkratek

AD597	(Analog Devices), převodník 10mV/°C
AKO	Astabilní klopný obvod
DAQ	(Data Acquisition), sběr dat
FULL LED	Plno ledková světla
IEC	Mezinárodní elektrotechnická organizace
I/O	(Input/Output), vstupy/výstupy
LabVIEW	(Laboratory Virtual Instrument Engineering), grafický programovací jazyk
PC	(Personal computer), osobní počítač
PCI	(Peripheral Component Interconnect), počítačová sběrnice
PWM	(Pulse Width Modulation), pulzní šířková modulace
RS 232	Sériová linka
RTD	Odporová čidla
SubVI	(SubroutineVI), podprogram virtuální instrumentace
Temp	(Temperature), teplota
VI	(Virtual Instrumentation), virtuální instrumentace
kk	Klima kontakt

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Výběr vhodného měřicího a napájecího zařízení	2
2.1 Digitální multimetr.....	2
2.2 Napájecí zdroj	3
3. Návrh desky čelního panelu a výběr přístrojové skříně	4
3.1 Čelní panel testovacího stánku.....	4
3.2 Přístrojová skříň testovacího stánku.....	6
4. Přepínací karta.....	8
4.1 Funkce přepínací karty	8
4.2 Ovládání přepínací karty	9
4.3 Signál o změně směru jízdy - blinkr.....	10
4.4 PWM signál.....	11
5. Měřicí řetězec testovacího stánku	13
5.1 Blokové schéma	13
5.2 Obvod pro měření napětí, proudu, teploty a odporu	14
5.3 Obsazení kanálů měřicích karet	15
5.4 Měření teploty pomocí převodníku AD592	15
6. Bezpečnostní prvky	17
7. Výroba měřicích kabelů	18
8. Úvod do programovacího prostředí LabVIEW	20
8.1 Charakteristika LabVIEW	20
8.2 Čelní panel	21
8.3 Blokový diagram.....	21
8.3.1 Funkce	22
8.3.2 SubVI	22
8.3.3 Struktura.....	23
8.4 Datové typy v Labview	23
9. Zdrojový kód (blokový diagram) vytvořené aplikace.....	25
9.1 Použité funkce.....	25
9.2 Stručný popis aplikace	27
9.3 Hlavní vykonávané procesy aplikace.....	29

9.3.1 Měření digitálním multimetrem Keithley.....	29
9.3.2 Nastavení napěťového zdroje Delta	31
9.3.3 Nastavení příslušných kanálů – ovládání PCI karty.....	32
9.3.4 Ukládání do souboru	36
10. Vizualizace aplikace testovacího stánku	39
13.1 Záložka Sekvenční měření	39
13.2 Záložka Jednotlivé nastavení	42
13.3 Záložka Napětí, proudy	44
13.4 Záložka Teploty	45
13.5 Záložka Grafy změřených hodnot	46
13.5.1 Vykreslení grafu Proud – teplota.....	46
13.5.2 Vykreslení grafu Proud – čas	48
13.6 Záložka Kompenzační napětí.....	49
Závěr	51
Literatura	52
Seznam použitých obrázků.....	53
Seznam použitých tabulek.....	54
Seznam příloh.....	55

1. Úvod

Absolvování individuální odborné praxe bylo umožněno ve firmě HELLA působící v Mohelnici nedaleko Olomouce. Firma je zaměřená na vývoj a výrobu světelné techniky do automobilového průmyslu. Hlavní produkty: přední světlomety, zadní svítlny, blinkry a ostřikovače. V Mohelnici vznikly s postupem času v rámci koncernu HELLA tři společnosti.

HELLA AUTOTECHNIK NOVA s.r.o. – výrobní závod

HELLA AUTOTECHNIK s.r.o. – vývoj výrobků včetně měření a testování

HELLA corporate Central Cantral & Eastern Europe s.r.o. – IT podpora, služby nákupu, financování

Oddělení MTZ (Mechanické a technické zkoušky)

Měření a testování světlometů v rámci vývoje, ale také výrobků z výrobního závodu. Oddělení specializováno: chemické zkoušky, vibrační a mechanické zkoušky, měření padání hranice, teplotní zkoušky a především elektrické zkoušky (pracovní zařazení praxe).

S rostoucím vývojem automobilních světlometů roste počet světel s LED technologií nebo dokonce už i FULL LED. Vývojoví technici, kteří tuto technologii navrhují, musí neustále se zvyšujícími se požadavky nechávat vykonat řadu elektrických testů. Testy jsou prováděny na LED modulech a řídicích jednotkách, v extrémních podmínkách (klimatické komory, temperační pece). LED moduly, světla jsou náchylná na vysoké teploty a snadno dojde ke snížení životnosti, případně úplnému zničení. K ochraně bývají používány různé typy proudového omezení, které začínají fungovat od předem určených teplot. Dále jsou vzorky testovány ve velmi vlhkém prostředí (klima komory) nebo jsou ostřikovány slanou vodou, aby bylo zřejmé, jak se světlomet bude chovat v případě, dostane-li se do pouzdra voda.

Zadané úkoly k vypracování:

Sestavení měřicího zařízení pro testování LED světlometů.

- Výběr vhodného multimetru.
- Výběr vhodného napájecího zdroje.
- Vytvoření čelního panelu.
- Zvolit vhodný rack pro umístění a zabudování potřebných přístrojů.
- Vytvoření simulace blinkru.
- Bezpečnostní prvky a výroba měřicích kabelů.

Vymyšlení a naprogramování aplikace v LabVIEW pro ovládání měřicího zařízení.

- Seznámit se s programovým vývojovým prostředím.
- Zařídit komunikaci se zdrojem, multimetrem a PCI kartou (pro přepínání kanálů).
- Pomocí LabVIEW naprogramovat vhodnou aplikaci, která bude schopná ovládat základní funkce světlometu.
- Měřit napětí, proudy a teploty.
- Komunikace pomocí digitálního kontaktu s kk.

2. Výběr vhodného měřicího a napájecího zařízení

2.1 Digitální multimetr

Ve firmě je nejvíce používaný osvědčený digitální multimetr Keithley 2700, proto bylo při výběru přikloněno k tomu přístroji. Je to vysoce výkonný digitální multimetr, který získává a loguje měřená data. Může měřit napětí (DC a AC), proud (DC a AC), odpor (2 a 4 vodičově), teplota (termočlánek, termistor a RTD), frekvence a perioda, test kontinuity. Dále obsahuje digitální I/O a čítač událostí.

Při výběru byl kladen důraz, aby přístroj uměl komunikovat s vývojovým prostředím LabVIEW. Softwarové ovládání je možné s celou řadou jiných prostředí (C/C++, Visual Basic, Labwindows/CVI nebo TestPoint), takže lze vytvářet vlastní programy pro sběr dat. Komunikace přes rozhraní IEEE-488(GPIB) nebo RS 232.



Obrázek 1 – Digitální multimetr Keithley 2700 [1]

Je imunní vůči přerušení dodávky elektrického proudu, data jsou zálohována baterií. Možnost o rozšíření měřicích karet. Každý kanál může měřit jinou funkci. Stupnice 6 ½ digit (22 bit).

Funkce měření:

DCV	→ 0,1 μ V – 1000 V
ACV	→ 0,1 μ V – 750 V
DCI	→ 10 nA – 3 A
ACI	→ 1 μ A – 3 A
Ω 2	→ 100 $\mu\Omega$ – 120 M Ω
f	→ 3 Hz – 500 kHz
T	→ 333 ms – 2 μ s
Temp	→ -200 °C – 1820 °C

[2]

Výběr měřicích karet:

Karty jsou připojovány v zadní části multimetru. Počet slotů je 2, tudíž lze rozšířit maximálně o dvě. Vybrány byly: měřicí karta 7708 a 7702. Měřicí karta 7708 je specifikována 40 - ti kanály, které umí měřit všechny funkce multimetru. Tato karta je určena pro měření teploty termočlánekem a byla vybrána, protože obsahuje automatickou kompenzaci studeného konce termočláнку. Měřicí karta

7702 má také 40 kanálů, které umí měřit všechny funkce, plus dva proudové kanály. Neobsahuje ale kompenzaci studeného konce. Toto ovšem nevadí, protože karta je určena pouze k měření proudů a napětí.

2.2 Napájecí zdroj

Automobilová technika pracuje se stejnosměrným napětím 12 a 24 V, není tedy zapotřebí zdroj s vysokým rozsahem napětí. Kvůli možnosti testování vysokého počtu vzorků musí mít velký proudový rozsah. Samozřejmostí je dlouhodobé proudové zatížení. Stejně jako u digitálního multimetru softwarové ovládání → komunikace s LabVIEW.

Doporučen a vybrán byl napájecí zdroj společně s programátorem od firmy Delta Elektronika.

2.2.1 Delta Elektronika SM 35-45

Stejnosměrný zdroj s vysokým výkonem. Navrženo pro dlouhodobou životnost při plném výkonu. Paralelní provoz napětí se sdíleným proudem. Výstup: napětí 0 – 35 V, proud 0 – 45 A. Proudový odběr při standardním napětí 230 V (50 Hz) 7,7 A. Provozní teplota -20 °C až +50 °C. Ovládání pomocí programování nebo potenciometrů na čelním panelu zdroje. Softwarové ovládání umožňuje přes sériovou linku RS 232, jenže toto rozhraní u počítače je vyhrazeno pro digitální multimetr. Proto byl vybrán programátor PSC-ETH řízený přes počítačovou síť Ethernet. [3]



Obrázek 2 – DC zdroj Delta Elektronika SM 1500 Series [3]

2.2.2 Rozhraní Ethernet PSC-ETH

PSC – ETH je 16bitový programátor, který ovládá přes sériovou linku RS 232 napájecí zdroj Delta (programování, sledování napětí a proudu). Komunikace programátoru s PC běží přes Ethernet, konfigurace IP adresa. Softwarové programování pomocí LabVIEW nebo Visual Basic.

Programátor umí:

- Nastavení výstupního napětí a proudu.
- Zpětné čtení nastavení zdroje.
- Digitální vstupy a výstupy.
- Umožňuje vytvoření smyček, podprogramů atd.
- Čekání na spuštění z PC.
- Možnost vytvoření proměnných.

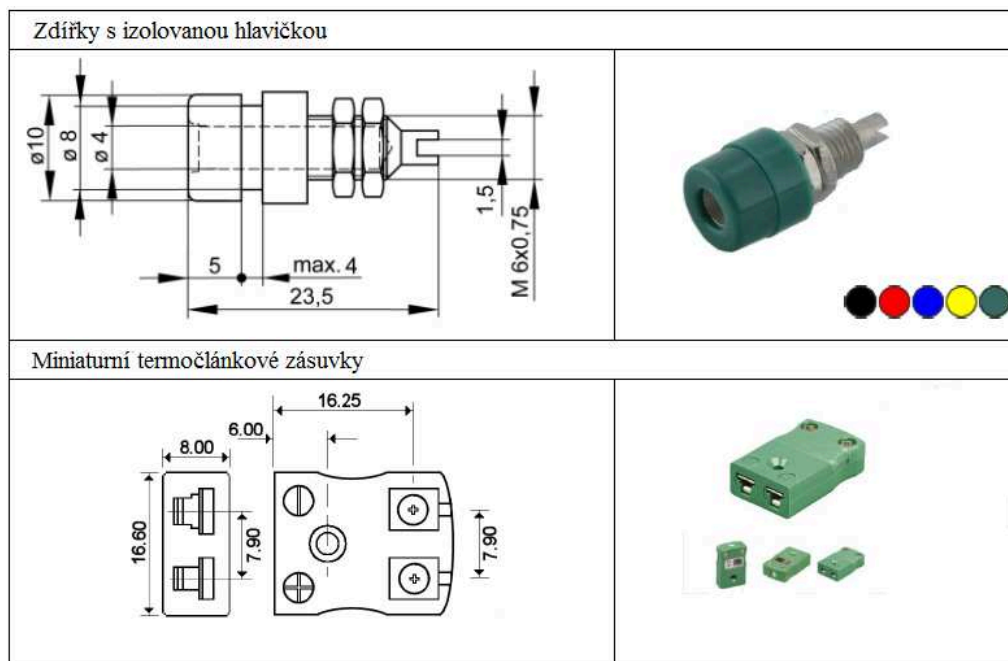
[4]

3. Návrh desky čelního panelu a výběr přístrojové skříně

3.1 Čelní panel testovacího stánku

Pro rozmístění a usazení digitálního multimetru, připojovacích zdírek a zásuvek pro termočlánek vybrán přední panel pro 19palcový rack U6. Rozměry tohoto panelu jsou 265,9 x 282,6 mm, to představuje použitelnou plochu 751,43 mm². Vnitřní objem předního panelu tvořen multimetrem, přepínací kartou a převážně propojovacími vodiči. Při návrhu nebylo počítáno s vnitřním rozmístěním zařízení a svazkování kabelů, výsledný tvar dle volného místa. Vnitřní prostory za předním panelem zůstaly z jedné třetiny volné.

Vybraný panel je z hliníkové slitiny o tloušťce 3 mm. Tento údaj byl důležitý při výběru zdírek, které disponují dvěma rozměry izolační vrstvy 2 mm a 4 mm. V tomto případě je izolační vrstva myšlena pro oddělení kontaktu zdíčky a čelního panelu. Tloušťka panelu 3 mm → potřebná izolační vrstva zdíčky 4 mm, při 2 mm by mohlo dojít k nežádoucímu spoji.



Obrázek 3 – Rozměry zdírek a zásuvek předního panelu [5], [6]

Připojovací zdíčky:

Zdíčky s izolovanou hlavou a izolačním kroužkem pro montáž do zařízení, panelů s maximální tloušťkou stěny 4 mm. Určeno pro pájecí spojení kontaktu.

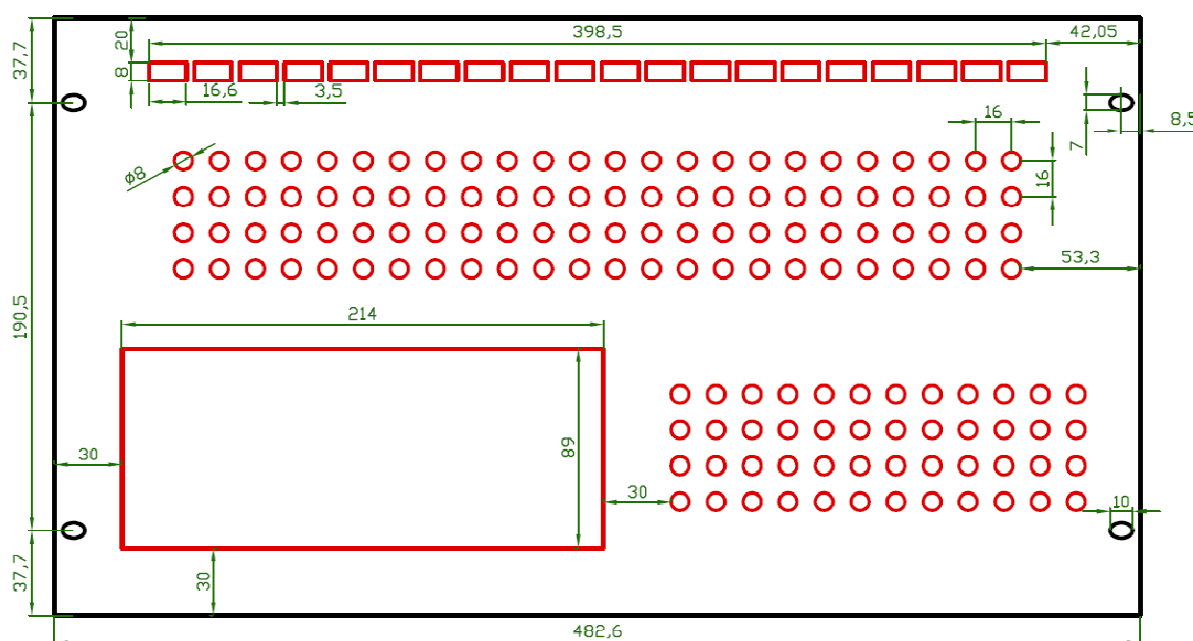
- Jmenovité napětí 30 VAC/60 VDC.
- Jmenovitý proud 32 A.

- Přechodový odpor 5 mΩ.
- Teplotní rozsah: -25 °C až +85°C.
- Montáž: šroub s dvěma maticemi M6.

[5]

Termočláňkové zásuvky:

Miniaturní zásuvky umožňující rychlé připojení termočláňků. Zadní strana zásuvky nabízí dva šrouby pro pevné připojení termočláňkových vodičů, směřujících do měřicí karty. Barevné značení v souladu s IEC specifikací. Zásuvky pro termočláňky typu K jsou označovány zelenou barvou. Kontakty vyrobeny z pravých slitin termočláňku (kladný kontakt NiCr, záporný kontakt Ni). Tvar zásuvky vytváří polarizované kontakty, aby nedošlo k nesprávnému připojení. Maximální provozní teplota 220 °C. [6]



Obrázek 4 – Návrh čelního panelu

Do původního panelu značeného černou barvou zakreslen návrh (červenou barvou) rozložení zmíněných zařízení pro vyfrézování otvorů. Z důvodu externí práce je vše řádně a správně okótováno.

Horní řada 20 ti obdélníků (8 x 16,6) je určená pro termočláňkové zásuvky. Níže položené kruhové otvory o průměru 8 mm připravené pro zdířky: 24 napájecích kanálů (1. řádek kladný potenciál, 4. řádek záporný potenciál) a 24 měření napětí (2. řádek kladný potenciál, 3. řádek záporný potenciál). Obdélník 89 x 214 mm připraven pro multimetr Keithley. Napravo od toho obdélníku opět kruhové otvory se stejným průměrem pro zdířky na měření přídavných proudů (1. řádek kladný potenciál, 2. řádek záporný potenciál). 3. a 4. řádek zůstává pro případné pozdější rozšíření funkcí stánku, krom jednoho libovolně zvoleného kanálu pro měření klima kontaktu.

3.2 Přístrojová skříň testovacího stánku

Před začátkem práce bylo zapotřebí propočítat rozmístění veškerých přístrojů, které stánek obsahuje. Kdyby nastal problém s volným místem, byl by zřejmě neřešitelný. Přístrojová skříň musí zahrnovat čelní panel s multimetrem Keithley, osobní počítač a zdroj Delta. Pro STOP tlačítko a ovládání PWM generátoru postačilo ponechat místo 165 x 90 mm. S hlavním vypínačem, jističem a pojistkami počítáno na volitelném umístění zadní strany skříně, která je jinak zcela nevyužitá.

Rozměry přístrojů (h×w×d) mm:

Počítač: 165 x 375 x 420

Delta Zdroj: 89 x 483 x 365

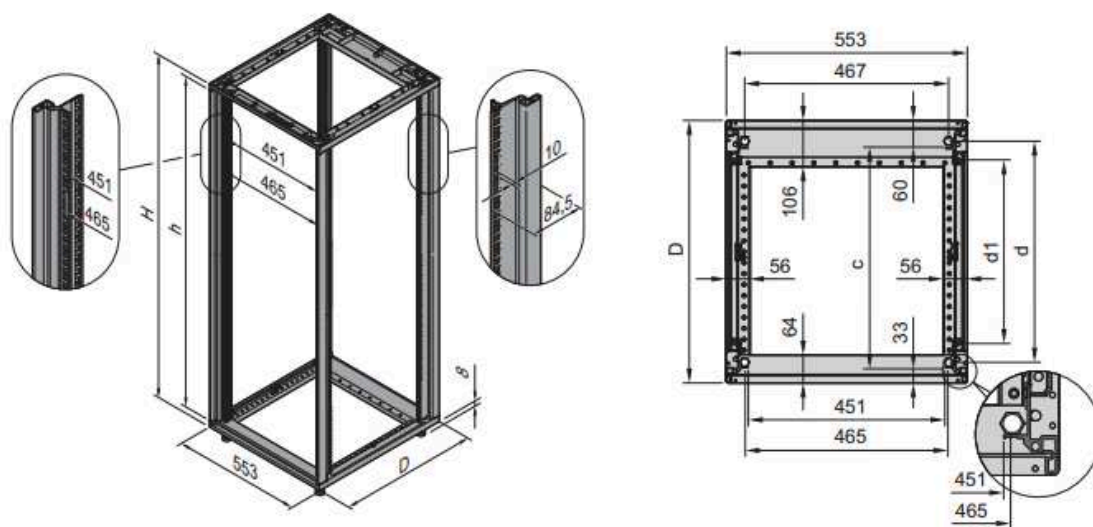
Čelní panel: 265 x 483 x -

PWM generátor a stop tlačítko: 165 x 90 x -

Height – výška, Width – šířka, Depth – hloubka.

Minimální požadovaná výška:

$$v_{min.} = 165 + 89 + 265 = 519 \text{ mm}$$



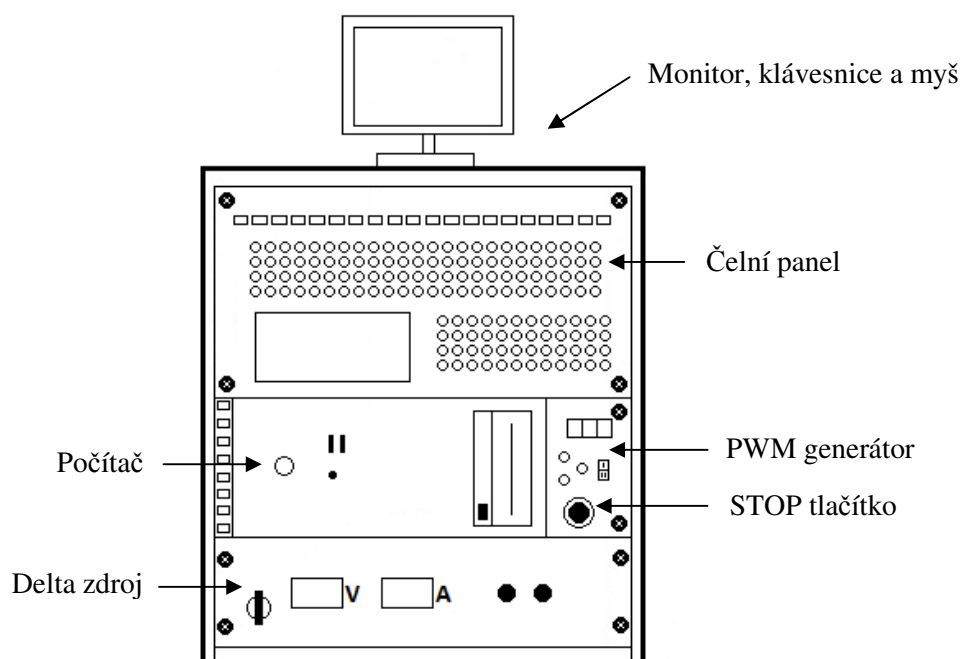
U	H mm	h mm
6	357	268
9	456	401
12	589	535
16	767	713
20	945	890
25	1167	1112
34	1567	1513
38	1745	1690
43	1967	1913
47	2145	2090

D	d	c	d1
mm	mm	mm	mm
500	387	407	319
600	487	507	419
800	687	707	619

Obrázek 5 – Výběr přístrojové skříně [7]

Vybrána přístrojová skříň Novastar 12 U pro montáž 19palcových zařízení. Tento rozměr odpovídá zdroji Delta a navrženému přednímu panelu. Šířka 483 mm rovna 19 palcům (19 x 25,4). Po propočítání využití vnitřního prostoru vybrán rack o výšce $H = 589$ mm a hloubce $D = 500$ mm. Ocelová konstrukce zvládá statickou nosnost až 200 Kg. Nezakomponování předních a zadních dveří dodává neomezený přístup k namontovaným zařízením. Rychlo odepínatelné boční stěny umožňují snadné proniknutí k „jádro“ testovacího stánku, a proto lze takto přistupovat při drobnějších opravách, například odpojené propojovací vodiče nebo špatný spoj.

Celkový rozměr přístrojové skříně i s kolečky pro přepravu – 720 x 553 x 500 [mm].

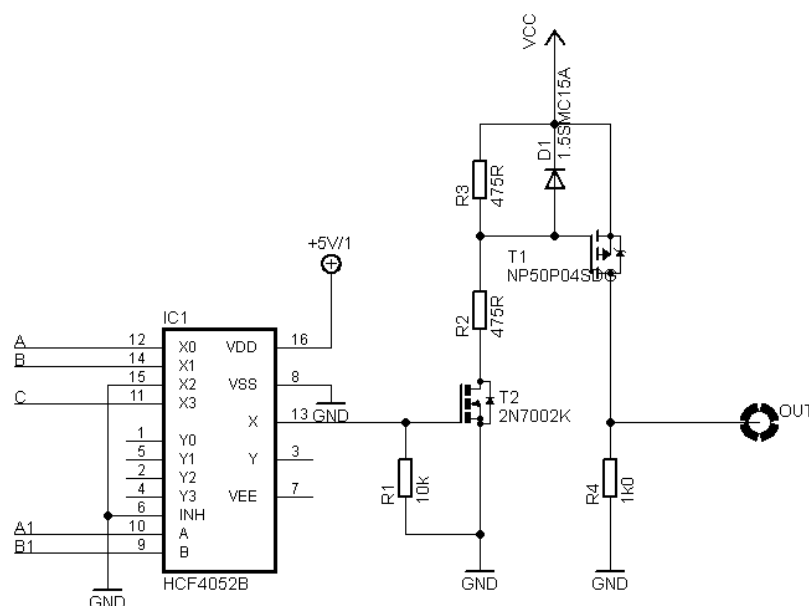


Obrázek 6 – Umístění přístrojů v přístrojové skříni

4. Přepínací karta

Karta má za úkol vybrat jeden čtyř možných signálů, které prezentují napájení vzorků. Analogový signál přímo ze zdroje, blinkr signál 1.5 Hz střída 60 %, PWM signál a stav vypnuto. Celkový počet napájecích kanálů 24, každý kanál obsahuje svůj obvod s multiplexorem a lze tedy volit typ signálu nezávisle na nastavení ostatních kanálů.

4.1 Funkce přepínací karty

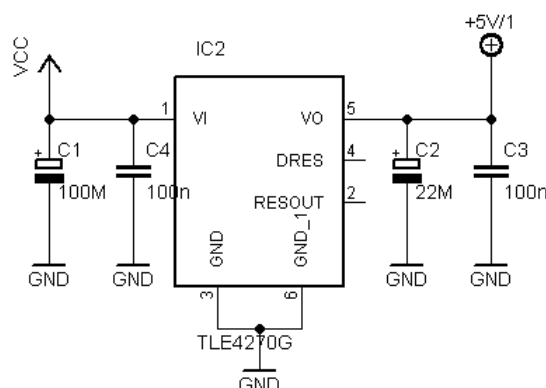


Obrázek 7 – Obvod s multiplexorem a výkonovou částí

Multiplexor HCF4052B vybírá na základě kombinace vstupních bitů A, B jeden ze čtyř možných vstupů. Vstup X2 je uzemněn a představuje stav vypnuto. Vybraný signál otevírá tranzistor T2, vstupní napětí je rozděleno napěťovým děličem o odporech R2 a R3 na půl. Toto poloviční napětí otevírá výkonový tranzistor T1, přes který jde napájecí proud ze zdroje na kanály čelního panelu. Je-li tranzistor T2 zavřený, na odporech R2 a R3 je nulové napětí, tranzistor T1 je tedy také zavřený. Dioda D1 slouží jako ochrana tranzistoru T1 před vysokým napětím. R4 je vybíjecí odpor tranzistoru T1.

Přepínací karta obsahuje 24 těchto obvodů s multiplexorem.

Obvody s multiplexory pracují s pěti voltovou logikou, aby nebylo zapotřebí dalšího napájecího napětí s požadovanou velikostí, jsou do obvodu vloženy stabilizátory s označením TLE2470G. Ty stabilizují přivedené napětí ze zdroje Delta na 5 V. Přepínací karta obsahuje celkem tři stabilizátory. Jeden pak plní svoji funkci pro osm multiplexorů. Poznatky z praxe ukazují, že přepínací karta začíná fungovat, je-li napětí zdroje vyšší jak 3.5 V, nejlépe 5 V a výše. Toto ovšem nevykazuje žádný problém, nýbrž žádné testy nevyžadují tak nízké napětí.



Obrázek 8 – Stabilizátor napětí

4.2 Ovládání přepínací karty

Celá karta je ovládána jednotlivými multiplexory a nastavením velikosti napájecího napětí zdroje Delta. Logická kombinace dvou digitálních kanálů ovládá jeden multiplexor. Protože přepínací karta obsahuje 24 těchto součástek, musí být řízena 48 digitálními kanály. Pro tyto účely byla vybrána digitální karta od firmy National Instruments s označením PCI_DIO_96, která je připojena k počítačové sběrnici PCI.

Digitální karta PCI_DIO_96 – Vstupní/výstupní karta pracující na úrovni 5 V, 96 pinů + 2 napájecí piny a 2 piny GND (zem). Testovací stánek využívá kartu pouze jako výstupní s použitím 48 pinů, zbylých 48 nevyužito. Spojení PCI karty a přepínací karty přes kabel R1005050, který rozděluje zapojení na dvakrát 50 pinů (48 + napájecí a zemní pin).

Tabulka 1 – Kombinace vstupních bitů multiplexoru

	Kanály	bit 0	bit 1
Stav vypnuto	1 - 12	0	1
	13 - 24	1	0
Analog	1 - 24	0	0
Blinkr	1 - 12	1	0
	13 - 24	0	1
PWM	1 - 24	1	1

Bit 0 představuje vstup multiplexoru A a bit 1 vstup B.

Schéma celé karty navržené v programu Eagle lze dohledat v příloze na CD ve složce *Přepínací karta*.

4.3 Signál o změně směru jízdy - blinkr

Blinkr signál je prakticky přerušovaný průběh periodicky se opakující. Nemá tedy žádný stabilní stav, a proto se nazývá astabilní multivibrátor. AKO lze vytvořit více způsobů, ovšem nejsnadnější použití umožňuje obvod s časovačem 555. K dosažení požadovaného signálu stačí jeden kondenzátor, dva proměnné odpory a samozřejmě časovač 555.

Požadované parametry signálu:

Frekvence: $f = 1,5 \text{ Hz}$

Střída: 60% zapnuto (log. 1), 40% vypnuto (log. 0)

Kapacita kondenzátoru: $C = 10 \mu\text{F}$ – zvolená hodnota

Celková doba periody:

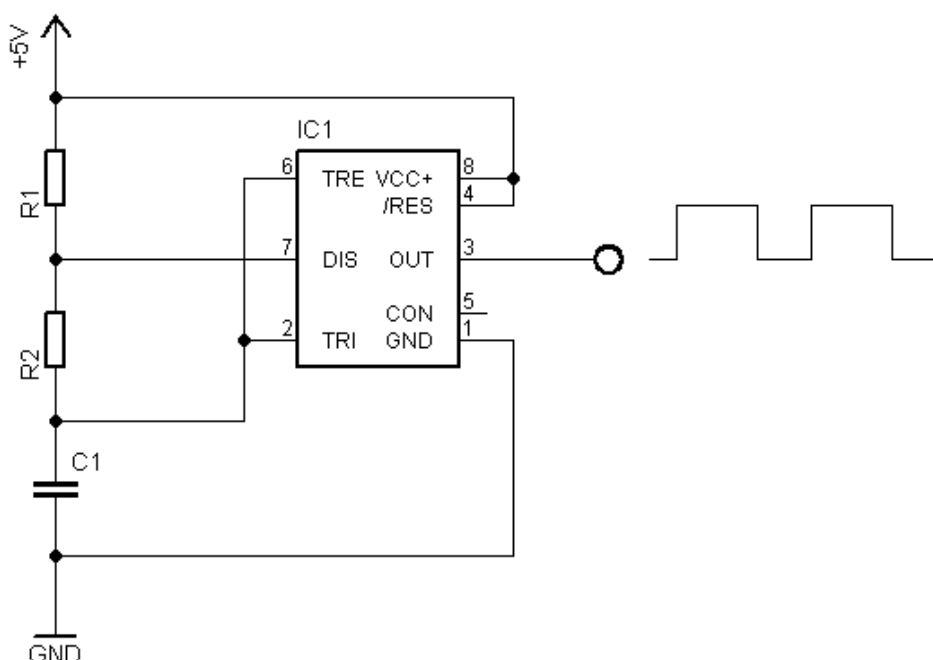
Doba nabíjení – t_1

(4.1)

Doba vybíjení – t_2

(4.2)

Schéma zapojení:



Obrázek 9 – Astabilní KO s časovačem TS555CN [8]

Výpočet odporů R_1 a R_2 :

$$R_2 = \frac{t_2}{\ln 2 \cdot C} = \frac{\frac{1}{f} \cdot 0,4}{0,693 \cdot C} = \frac{\frac{1}{1,5} \cdot 0,4}{0,693 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 38\,480\,\Omega$$

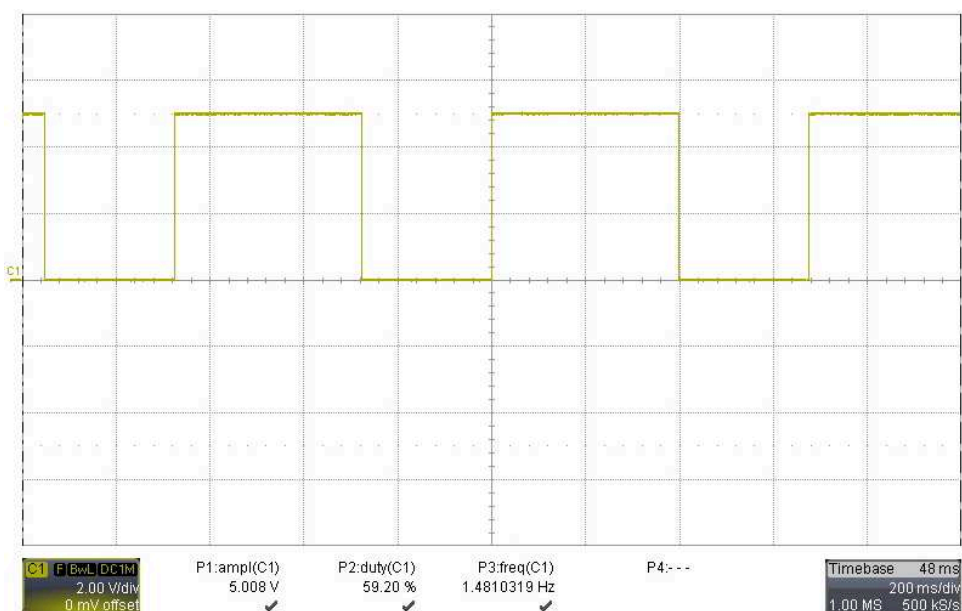
$$R_1 = \frac{t_1}{\ln 2 \cdot C} - R_2 = \frac{\frac{1}{f} \cdot 0,6}{0,693 \cdot C} - R_2 = \frac{\frac{1}{1,5} \cdot 0,6}{0,693 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} - 38\,480 = 19\,240\,\Omega$$

Výběr z řady E24 ($\pm 5\%$):

1,2 5,6 18 33

Odporů R_1 a R_2 jsou sestaveny sériovým řazením více odporů, protože výběr z řady E24 neobsahuje přesné hodnoty, které byly vypočteny. $R_1 = 18\,\text{k}\Omega + 1,2\,\text{k}\Omega$; $R_2 = 33\,\text{k}\Omega + 5,6\,\text{k}\Omega$.

Výsledný průběh zobrazený na osciloskopu:



Obrázek 10 – Signál astabilního KO

Dosažené parametry výsledného průběhu nejsou ideální, ale pro simulaci blinkru je tato přesnost postačující. Průběh limituje především výběr odporů z řady a také jejich přesnost.

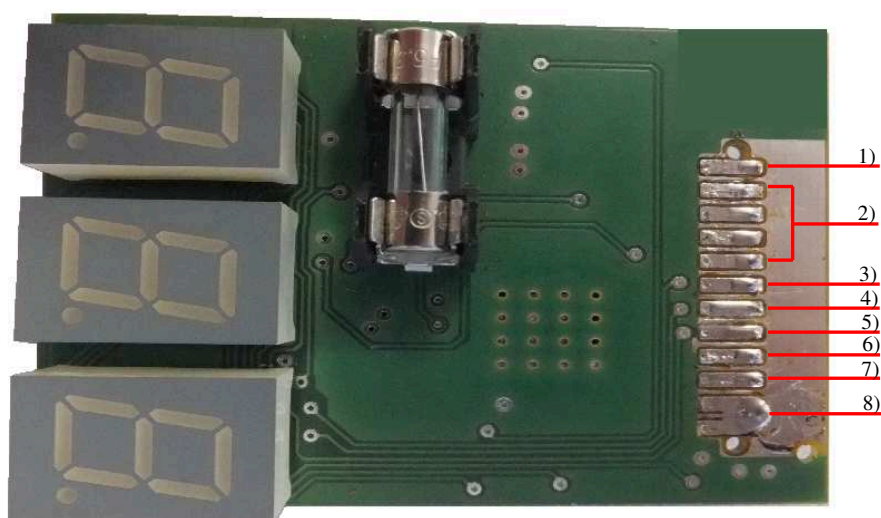
Dosažené parametry s přesností 98.7 %: frekvence – 1.48 Hz, střída – 59.20 %. Velikost amplitudy je 5 V, protože se jedná o řídicí signál, který je převeden na výkonový až v přepínací kartě.

4.4 PWM signál

Ve firmě, konkrétně na oddělení MTZ je velmi rozšířené zařízení PWM generátor. Používá se u spousty testů, u kterých je zapotřebí ovládání intenzity osvětlení led modulů. Velikost jasu osvětlení

dána efektivní hodnotou napětí PWM signálu. Dvoustavový signál obdélníkového tvaru světlo zapíná a vypíná. Poměr střidy určuje, jaký časový interval bude za jednu periodu stav TRUE a FALSE. Dostatečná frekvence tohoto signálu způsobí pro lidské oko místo vnímání blikání, souvisle viditelné světelné záření. Zvyšující se poměr průběhu, kdy je hodnota zvětší části nulová, snižuje svítivost led diod a naopak.

Zařízení navrženo v dceřiné společnosti HELLA v Německu. Pro použití u testovacího stánku dodána naprogramovaná deska, připravená pro osazení segmentovými displeji, pojistkou a ovládacími prvky. Pro ovládání a zobrazení displeje byl navrhnut a vyroben přední panel nacházející se vedle osobního počítače společně se STOP tlačítkem.



Obrázek 11 – Přední strana desky plošného spoje PWM generátoru

Ovládání jednotlivých pinů: 1) Vstupní napětí. 2) Společný koncový bod pro ovládací prvky. 3) Nastavení aktuální hodnoty směrem nahoru. 4) Nastavení aktuální hodnoty směrem dolů. 5) Uložení stávajícího nastavení. Po opětovném zapnutí zůstává nastavení dle posledního uložení. Uložení provedeno, je-li hodnota TRUE tohoto pinu po dobu min. 3s. Správné uložení signalizováno probliknutím displeje. 6) Přepínání mezi nastavením střidy nebo frekvence výstupního signálu. 7) Výstupní PWM signál, stejná velikost napětí jako na vstupu. 8) Společná zem pro vstup a výstup.

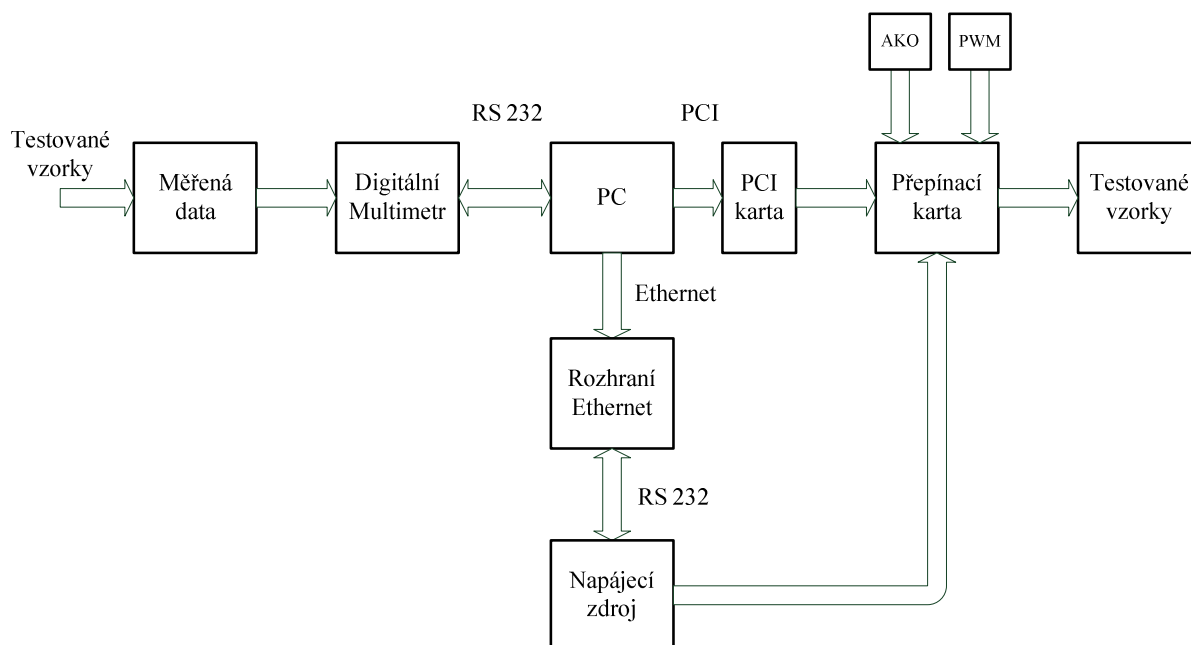
Ovládání směru nahoru nebo dolů lze klikáním daného tlačítka. Delším přidržením urychleno nastavení požadované hodnoty.

Technické parametry:

- Rozsah frekvence 62 – 235 Hz (možnost nastavení po 1 Hz).
- Rozsah střidy 0 – 100 % (možnost nastavení po 0,1 %).
- Maximální proud 6,3 A.
- Maximální napětí 3.5 V, minimální napětí 60 V.

5. Měřicí řetězec testovacího stánku

5.1 Blokové schéma



Obrázek 12 – Blokové schéma měřicího řetězce

Vysvětlivky:

AKO – Astabilní klopný obvod (blinkr).

PWM – Pulzní šířková modulace (jas LED diod).

PC – Počítač.

Rozhraní Ethernet – Programátor zdroje Delta Elektronika.

PCI karta – Digitální výstupní karta.

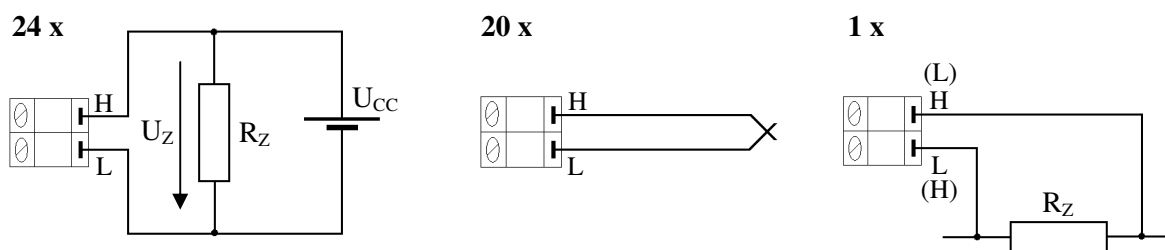
PCI – Počítačová sběrnice určená k připojení periférií k základní desce.

RS 232 – komunikační rozhraní (sériová linka).

Ethernet – počítačové síťové spojení typu LAN.

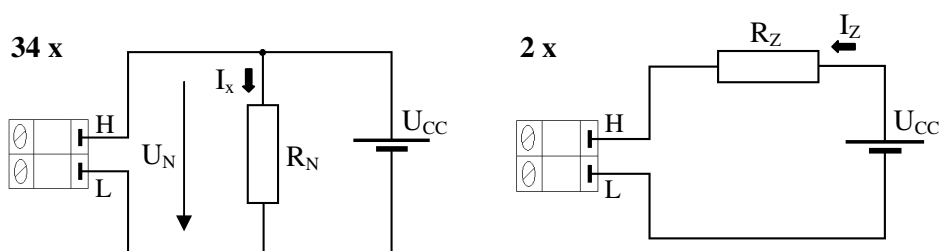
Jako hlavní základní prvek měřicího systému je osobní počítač, který ovládá multimetr, napájecí zdroj a digitální výstupní PCI kartu. Tato karta nastavuje přepínací kartu, na které je určitá úroveň napětí z napájecího zdroje. Přepínací karta vybere na základě kombinace výstupních úrovní PCI karty jeden charakteristický signál, který napájí testované vzorky. Ty jsou měřeny multimetrem a získané hodnoty putují po sériové lince do počítače, kde jsou výsledky zobrazeny a ukládány.

5.2 Obvod pro měření napětí, proudu, teploty a odporu



Obrázek 13 – Měření napětí, teploty a odporu

Obvody jsou připojeny vodiči ke svorkovnicím měřicích karet, u měření teploty je použito k propojení zásuvky a měřicí karty termočlánekové vedení pro stejný typ termočlátku. Měření napětí lze 24 kanály (DCV 0,1 μ V – 1000 V) a teplota 20 kanály. Měření odporu je provedeno pouze jednou, protože se jedná o zjištění stavu klima kontaktu. Ten je charakterizován dvěma stavy sepnuto (nulový odpor) a rozepnuto (nekonečně velký odpor). K měření teploty je používán termočlánek typu K (-200 – 1250 $^{\circ}$ C). Pro správné zapojení musí být zelený drát termočlátku připojen k úrovni H (vysoká) a bílý k úrovni L (nízká). Toleranční chyba měření termočlánekem je 0 – 2 $^{\circ}$ C.



Obrázek 14 – Měření proudu

Proudy jsou měřeny úbytkem napětí U_N na známém velice přesném odporu R_N . Proud je přepočítán podle Ohmova zákona $I_x = U_N/R_N$. Odpor musí být výkonový, aby bylo možné měřit vyšší proudy. Použité odpory pro přepočet proudu: $R_N = 0,1 \Omega$; 30 W; 1%.

$$P = U \cdot I = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2 \quad (5.1)$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{30}{0,1}} = 17,3 \text{ A} \quad (5.2)$$

Tato metoda je použita celkem pro 34 kanálů. Dva přídatné proudy jsou měřeny klasickým ampérmetrem, jelikož měřicí karta 7702 obsahuje navíc dva proudové kanály.

Měření PWM signálu umožňuje multimetr Keithley bez jakýchkoliv problémů, protože měří efektivní hodnotu signálu. Kdyby měřil pouze okamžitou hodnotu, změřené hodnoty tohoto typu

signálu by byly nepoužitelné. Změřený signál by byl neidentifikovatelný z důvodu změřené velikosti amplitudy nebo nulové hodnoty.

5.3 Obsazení kanálů měřicích karet

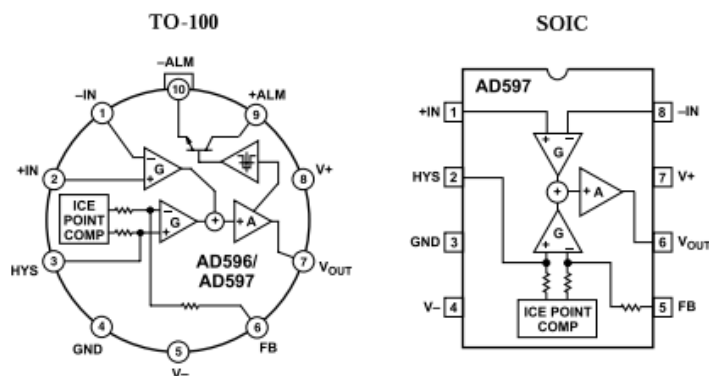
Tabulka 2 – Zapojení měřicí karty 7708 a 7702

Karta 1 - 7708		
	Kanály měřicí karty	Kanály předního panelu
Teploty	CH 1 - CH 20	CH 1 - CH 20
Přídavné proudy	CH 21 - CH 30	CH 1 - CH 10
Proudy (Rez. 0,1 Ω)	CH 33 - CH 40	CH 17 - CH 24
Odpor (klíma kontakt)	CH 31	
Převodník AD597	CH 32	
Karta 2 - 7702		
	Kanály měřicí karty	Kanály předního panelu
Napětí	CH 1 - CH 24	CH 1 - CH 24
Proudy (Rez. 0,1 Ω)	CH 25 - CH 40	CH 1 - CH 16
Přídavné proudy	CH 41 - CH 42	CH 11 - CH 12

Tabulka slouží jako přehled fyzického propojení kanálů předního panelu, na který jsou testované vzorky připojovány, a měřicích karet digitálního multimetru. Také při softwarové inicializaci jednotlivých kanálů je zapotřebí držet se této tabulky a dávat pozor zejména na rozložení měření proudů. Obvody pro měření proudů musely být zapojeny do obou měřicích karet. Při tvoření programu pak každá karta disponuje svým číslem.

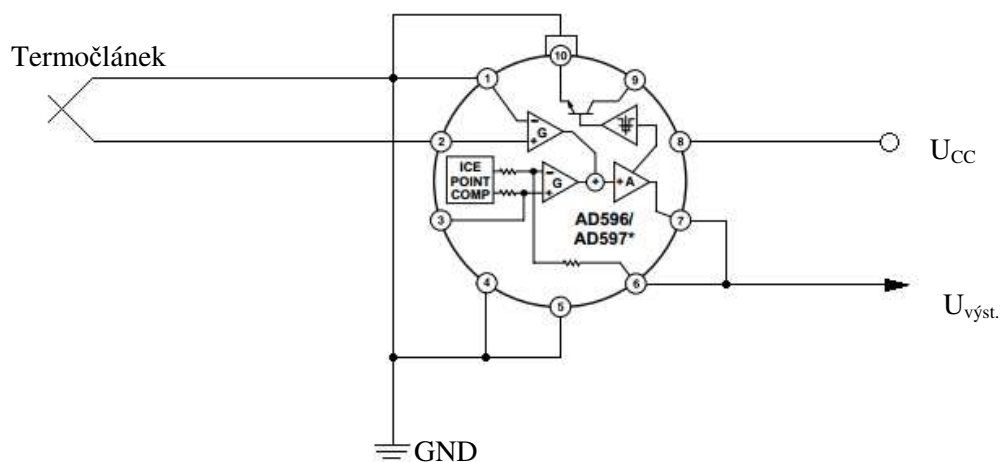
5.4 Měření teploty pomocí převodníku AD592

Je to integrovaný obvod, který funguje jako linearizační člen převodu teploty na napětí (10mV/°C). Převodní charakteristika je lineární, tudíž stačí měřit výstupní napětí a prezentovat ho jako měřenou teplotu. Aby bylo možné měřit nějaké napětí, je zapotřebí využít termoelektrický jev termočlánek. Dva různé vodiče spojené na koncích vytváří tzv. Termoelektrické napětí. Převodník je určen pro termočlánek typu K. Kompenzace studeného konce termočlánek obsažena v integrovaném obvodu. Rozsah měřené teploty 0 °C až +1250 °C, i přesto že termočlánek umožňuje měření až do -200 °C. Aby obvod měřil také záporné hodnoty teploty, potřeboval by symetrické napájecí napětí.



Obrázek 15 – Vnitřní zapojení převodníku [9]

V+, V-	Napájecí napětí (5 V – 30 V)
+IN, -IN	Vstupní napětí generované termočlánkem
V _{OUT}	Výstupní napětí
HYS	Hysteréze
GND	Uzemnění



Obrázek 16 – Schéma zapojení převodníku [9]

Napájecí napětí je řešeno adaptérem o hodnotě 12 V. Nelze použít napětí z Deltý zdroje, který má maximální hodnotu nastavení 35 V. Tato velikost napětí by převodník mohla zničit, maximální povolená hodnota je 30 V.

Metoda je určena k měření vnitřní teploty klima komor a temperačních pecí, v případě že veškeré kanály na čelním panelu jsou obsazeny. Tento stav může nastat v případě, je-li test výhradně určen pro termočlánekové měření a je zapotřebí mnoho teplotních kanálů. Pro upozornění, rozsah měřené teploty nedosahuje záporných hodnot.

6. Bezpečnostní prvky

Jistič:

K ochraně celého testovacího stánku a obsluhy byl použit jistič B 16, který vypíná elektrický obvod při nadproudu 16 A. Před výběrem bylo zapotřebí spočítat celkový odběr proudu všech přístrojů, aby nedocházelo k častému vypínání stánku.

Osobní počítač: příkon cca 100 W → proudový odběr 0,43 A.

Monitor: příkon cca 40 W → proudový odběr 0,17 A.

Digitální multimetr Keithley: 0,12 A.

Napájecí zdroj Delta: největší zatížení ze všech přístrojů, při plném výkonu odebírá až 7,7 A.

Zbylé přístroje jsou kvůli malému příkonu zanedbatelné. Celkový možný odebíraný proud vyšel 8,42 A, ovšem je zapotřebí počítat do budoucnosti s možným rozšířením. Vybrán byl tedy jednopólový jistič 16 A, vypínací charakteristika třídy B a třída izolace B.

STOP tlačítko:

Bezpečnostní STOP tlačítko testovacího stánku plní funkci okamžitého přerušení elektrického obvodu při zjištění nežádoucího stavu. Stisknutí, zaražení tlačítka ihned vypíná napájecí zdroj Delta a tedy i veškeré měřené vzorky, které bývají testovány ve specifických podmínkách. STOP tlačítko není možné přehlédnout, protože má typicky velkou červenou hlavici a je umístěno na předním panelu. Dále je charakterizováno snadnějším zamáčknutím a naopak při vrácení do původní polohy potřebuje větší úsilí.

Pojistky:

Měření napájecích proudů testovaných vzorků je prováděno přes přesné jednocentní rezistory 0,1 Ω , na kterých digitální multimetr Keithley změří napětí a to je pomocí Ohmova zákona ve vytvořené aplikaci přepočítáno na proud. Odpory disponují výkonem až 30 W, maximální napájecí proud jednoho kanálu může být tedy okolo 17 A. Aby nedošlo ke zničení (spálení) odporů, jsou řazeny do obvodu pojistky o hodnotě 7,5 A. Protože se jedná o led stánek, nebylo využito plného rozsahu maximálního napájecího proudu. Dojde-li ke zkratování měřeného vzorku, pojistka se přepálí a začne signálně svítit. Tato signalizace je velice dobrá z důvodu okamžitého zjištění, proč daný kanál neměří. Výměna nožových pojistek lze provést snadno ze zadní části racku. Pojistky jsou nevratné a při přepálení musí být nahrazeny novými.

Hlavní vypínač:

Zapnutí/vypnutí celého stánku. Přímé připojení spotřebičů do sítě obecně neprospívá jejich životnosti. Proto byl ze zadní strany racku nainstalován hlavní vypínač, kterým se stánek po zapojení do sítě zapíná a před přemístěním, odpojením od sítě vypíná.

7. Výroba měřicích kabelů

Úlohou vodičů, kabelů je přenos elektrické energie nebo přenos elektrického signálu pro účely napájení a měření testovaných vzorků. Dostatečná délka vodičů 2,5 m spojuje testovací stánek s klima komorami nebo temperačními pecemi. Kabely jsou stáhnuty do ochranné tepelně odolné punčošky, která vytváří jeden komplexní svazek. Konce kabelů jsou osazeny kvalitními měřicími banánky, tento spojující materiál disponuje pevným spojením a malým přechodovým odporem. Izolační vrstva vodičů je z tepelně odolného materiálu, z důvodu vysokých okolních teplot, které mohou dosahovat při určitých testech až 150 °C.

Splňující požadavky:

- Mechanická odolnost – manipulace, ohýbání.
- Mechanická odolnost vůči vnějším vlivům.
- Malý odpor vedení.
- Malý úbytek napětí.
- Proudová zatížitelnost až 7,5 A.

Výběr z dostupné jmenovité řady průřezu vodiče [mm²] – 0,35 0,5 0,75 1 1,5 2,5

Dle specifikací proudového zatížení vodiče, který se mění v závislosti na vysokých teplotních rozdílech, bylo doporučeno: průřez jádra drátu napájecího 1,5 mm² a napěťového 0,75 mm².

Typ použitého vodiče:

Mocar 150C 1,5 a 0,75 – kabel s teplotním rozsahem -40 °C až +150 °C; průřez 1,5 mm² a 0,75 mm²; lanový – skládá se z více jemných drátů, ohebný; materiál Cu

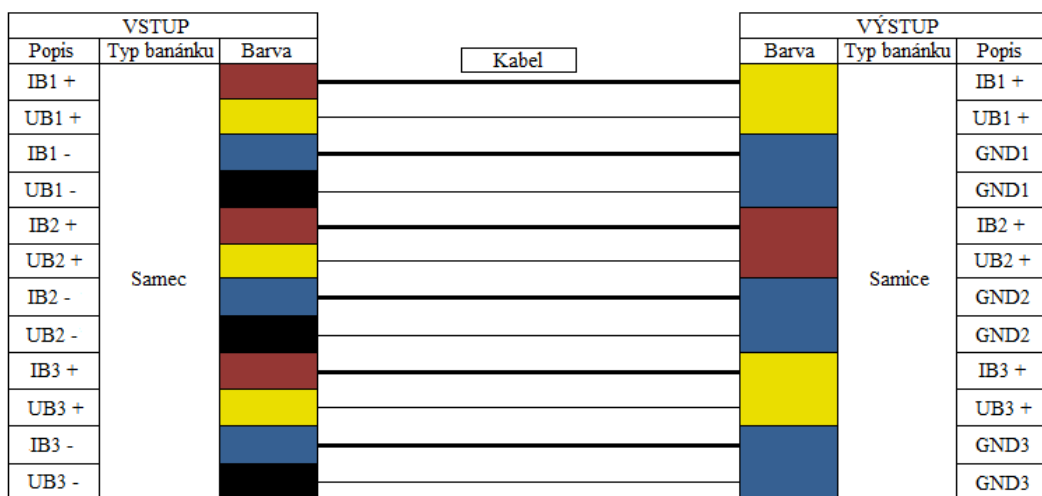
Použité banánky (samec) Hirschmann :

- Napětí AC/DC = 30/60 V.
- Proud = 30 A.
- Přechodový odpor = 3 mOhm.
- Průměr vidlice = 4 mm.

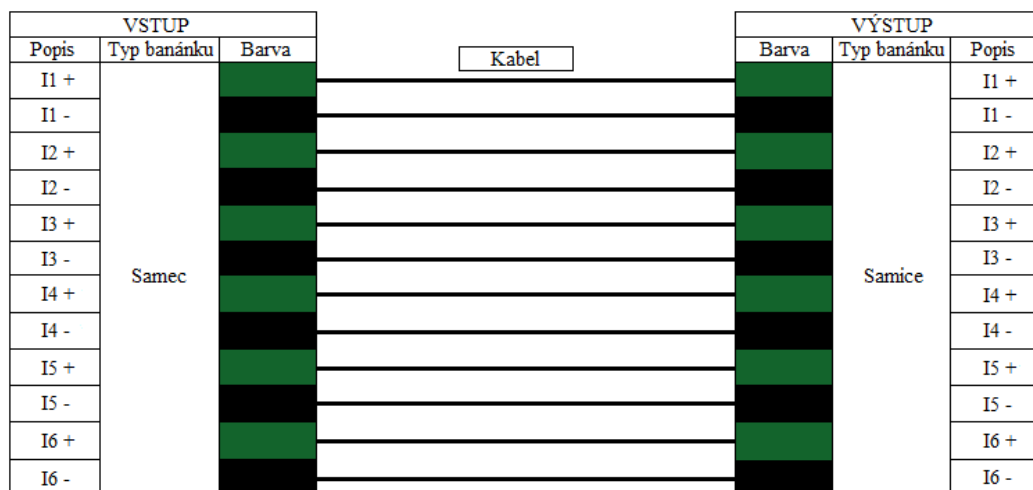
Použité banánky (samice) HIR-KUN:

- Napětí AC/DC = 30/60 V.
- Proud = 16 A.
- Přechodový odpor = 3 mOhm.
- Průměr vidlice = 4 mm.

Počet vyrobených kusů: měřicí kabel pro napětí a proudy 8 krát a proudový měřicí kabel 2 krát.



Obrázek 17 – Měřicí kabel pro napětí a proudy



Obrázek 18 – Proudový měřicí kabel

Výpočet odporu a úbytku napětí na vedení vyrobené napájecí kabeláže (jeden napájecí kanál):

- Vzdálenost 2,5 m; rezistivita Cu 0,0178 $\mu\Omega\cdot m$; průřez jádra vodiče 1,5 mm².

$$R_V = \frac{\rho \cdot 2 \cdot l}{S} \quad [\Omega, \mu\Omega \cdot m, m, mm^2] \quad (7.1)$$

$$R_V = \frac{0,0178 \cdot 2 \cdot 2,5}{1,5} = 0,06 \Omega$$

- Maximální úbytek napětí:

$$\Delta U = R_V \cdot I = 0,06 \cdot 7,5 = 0,45 V \quad (7.2)$$

Vypočtené hodnoty jsou při teplotě 0 °C, s rostoucí teplotou narůstá rezistivita materiálu a tudíž i odpor a úbytek napětí vedení.

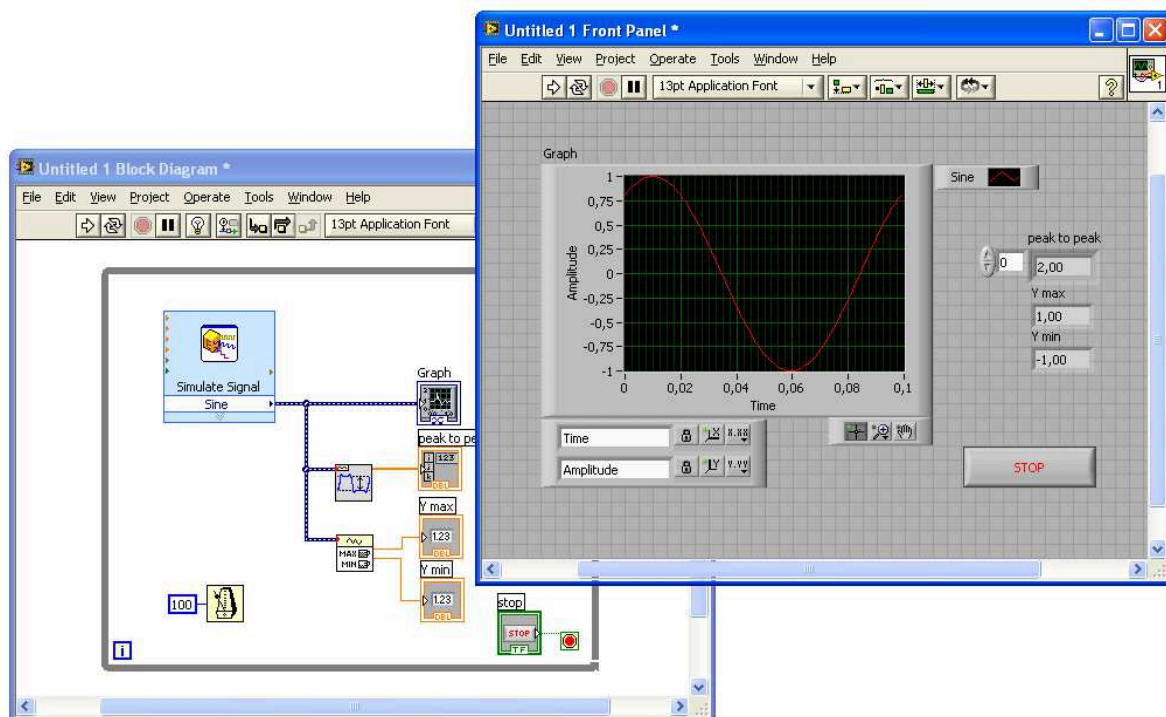
8. Úvod do programovacího prostředí LabVIEW

8.1 Charakteristika LabVIEW

Programovací a vizualizační vývojové prostředí, které využívá grafický programovací jazyk, nazýván jako G-jazyk (zdrojový kód je obrázek). Tvorba programu pomocí grafických ikon oproti jiným textovým jazykům. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) česky přeloženo laboratorní pracoviště virtuálních přístrojů americké firmy National Instruments (NI) označujeme jako virtuální instrumentace nebo VI. Svojí činností vytváří virtuální měřicí přístroje např. multimetry, osciloskopy, generátory a dataloggery, které se tváří jako skutečné. Výhodou těchto přístrojů od skutečných je možnost rozšíření o další funkce a tedy flexibilita systému. Navrhování nových aplikací je bez nákladné a není zapotřebí na rozdíl od realizace skutečnými přístroji dalších finančních prostředků.

Programování systémů pro měření a testování průmyslové automatizace, analýza signálu, řízení a vizualizace technologických procesů. Rychlé navrhování nových aplikací, dynamika programování. Úlohy tvořené v LabVIEW poměrně snadné a značně intuitivní s určitou úrovní znalostí. Prostedí velmi dobře doplňuje potřeby programátora a napomáhá s mnoha kroky. Automatické doplnění některých funkcí, které by se v jiném programovacím jazyce hledali v určitých knihovnách.

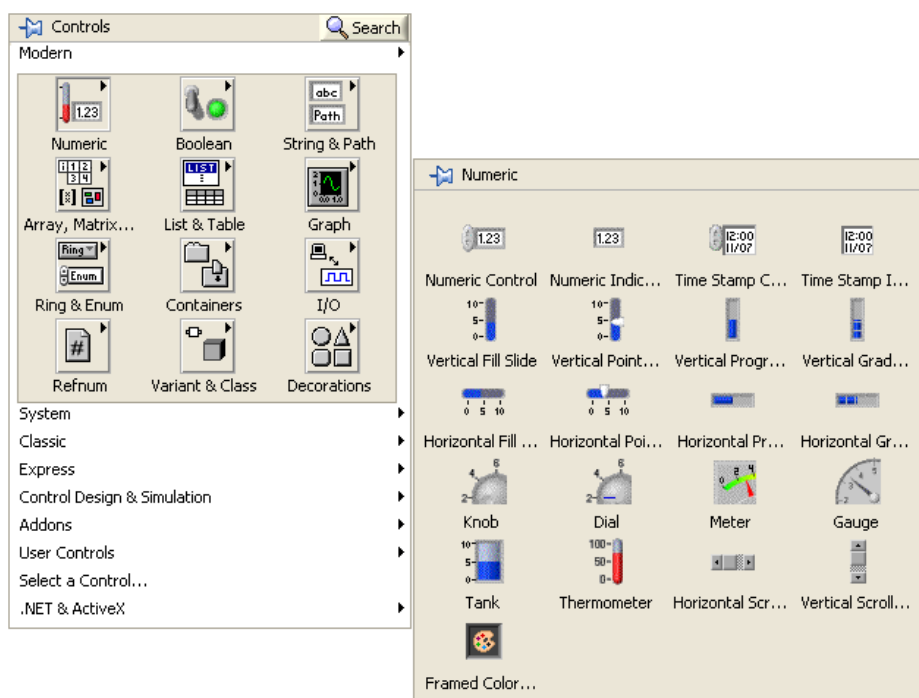
Vývojové prostředí se skládá ze dvou sdružených částí: přední panel (Front panel) a blokový diagram (Block Diagram).



Obrázek 19 – Příklad čelního panelu a blokového digramu

8.2 Čelní panel

Uživatelské rozhraní, které plní tutéž úlohu jako panel fyzického přístroje. Vzhled čelního panelu je tvořen grafickými prvky, které je možné libovolně měnit, přemísťovat, upravovat a programově nastavovat. Pod pojmem grafické prvky si lze představit vstupy a výstupy, podle kterých je program řízen a monitorován. Vstupy: řídicí prvky **controls**, různé ovladače, tlačítka, otočné knoflíky apod. Výstupy: indikační prvky **indicators** což jsou grafy, tabulky, textové a numerické zobrazovače, indikační led diody apod. K doplnění vzhledu uživatelského rozhraní slouží ještě dekorativní prvky **decorations**. Dekorace netvoří vstup ani výstup dat, nemají tedy žádnou funkci. Grafické prvky se na čelní panel umísťují výběrem v paletě knihovních prvků **Controls**.



Obrázek 20 – Výběr z paletového menu Controls

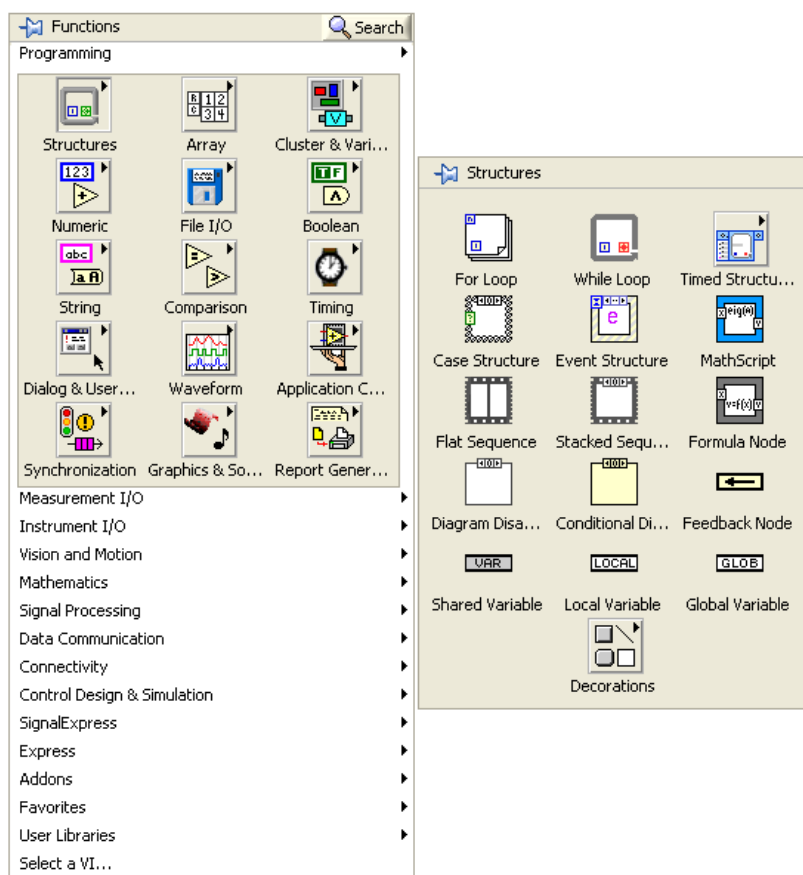
Paleta **Controls** nazývaná také paleta prvků, lze používat pouze v případě, je-li aktivní okno čelního panelu. Prvky jsou v paletě rozděleny do jednotlivých skupin (stromová struktura). Nabízí čtyři formy vzhledů prvků čelního panelu: Modern, System, Classic a Silver (na obrázku chybí, objevuje se u novějších verzí LabVIEW).

Každý zvolený prvek má možnost otevření svého kontextového menu pravým tlačítkem myši. V menu se nastavují vlastnosti daného prvku.

8.3 Blokový diagram

Blokový diagram je grafický zdrojový kód vzniklého programu. Konstruuje se propojováním jednotlivých bloků. Bloky jsou prezentovány tzv. vstupními a výstupními terminály, které se

automaticky vytváří při konstrukci čelního panelu. Dále blokový diagram obsahuje tzv. uzly. Tyto bloky zpracovávají signály (část programu) a rozlišují se na funkce, SubVI a struktury. Uzly vybíráme z paletového menu **Functions**, pouze tehdy je-li blokový diagram aktivní. Nikdy nelze používat ve stejnou dobu paletové menu Controls a Functions. LabVIEW umožňuje pouze jedno aktivní okno, blokový diagram nebo čelní panel.



Obrázek 21 – Výběr z paletového menu Functions

8.3.1 Funkce

Provádí různé základní operace (aritmetické operace, práce s textovými řetězci, pole, práce se soubory apod.) a jsou tedy základními prvky blokového diagramu. Některé funkce mají nastavitelný počet vstupních a výstupních terminálů a umožňují přijímat data různých datových typů. Neobjevují se na čelním panelu a v blokovém diagramu se poznají podle ikony se žlutým podbarvením.

8.3.2 SubVI

Podprogram, který je připraven pro pozdější použití v jiných nadřazených VI. U složitějších aplikací je dobré si blokový diagram rozdělit do více VI, které se nazývají právě SubVI. Zdrojový kód je potom přehlednější a odladitelnější. Tvorba SubVI zahrnuje také editaci ikony a konektorů. Každé

VI má v pravém horním rohu ikonu, která je jakýmsi logem daného VI. Základní obrázek logo LabVIEW je možno překreslit nebo vyměnit. Nutnost SubVI propojení konektorů s prvky čelního panelu aby data mohla být předávána mezi jednotlivými VI.

8.3.3 Struktura

Uzly typu struktura (Structures) slouží k řízení průběhu vykonávání programu. Jsou určeny k opakovanému, podmíněnému nebo postupnému vykonávání části kódu. Mají vstupní a výstupní terminály, přes vstupní terminály jsou data načtena před vykonáváním struktury a na výstupu se objeví po skončení cyklu struktury.

Struktura **For loop** slouží k N-násobnému provedení části kódu uvnitř smyčky. Proměnnou N předem známe a určíme tím, kolikrát se cyklus bude opakovat. Počet provedených opakování indikuje terminál „i“, pozor ale na počáteční hodnotu, která začíná v nule (tzn. 1 cyklus $\rightarrow i = 0$; 5 cyklů $\rightarrow i = 4$ atd.).

Struktura **While loop** slouží k opakovanému provádění části kódu uvnitř smyčky. Podmínkou je hodnota True nebo False přivedená na podmínkový terminál. Smyčka While se při načtení provede minimálně jednou, jelikož podmínkový terminál je uvnitř smyčky a zastavení umožňuje až po provedení jednoho cyklu. Počet provedených opakování indikuje stejně jak u smyčky For terminál „i“.

Struktury **Case** a **Sequence** slouží k větvení programu a provádí se pouze jednou. Struktura Case určuje, která část kódu bude provedena. Podmínkový terminál může být datového typu boolean, numeric nebo také string. Struktura Sequence zajišťuje postupné provedení určitých částí kódu. Kód v blokovém diagramu bývá rozdělen do jednotlivých listů, které se řadí postupně za sebe. Nikdy se nemůže stát, že by byly vykonány dva listy současně (paralelně).

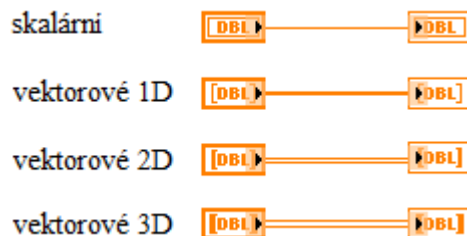
8.4 Datové typy v Labview

Prvky blokového diagramu jsou propojeny přes vstupní a výstupní terminály, každý vodič mezi těmito prvky nese svůj definovaný datový typ. Všem prvkům umístěným na čelním panelu je přiřazen příslušný datový typ. V LabVIEW máme datové typy stejně, jako např. v jazyce C.





















Spojování prvků různého datového typu nelze, ovšem pro spojení více datových typů do jednoho “balíčku” existuje nehomogenní struktura cluster, která je obdobou datové struktury struct v textovém programování. Dále se musí zohlednit typ vodiče, jelikož není možné spojit např. skalární hodnotu s 1D polem. Znamená to, že i stejný datový typ nezaručí úspěšné propojení dvou prvků, musí být tedy zohledněn rozměr proměnné (kompatibilita datového typu). Typ vodiče poznán podle tloušťky a barvy čáry. Reálné číslo (numeric) – oranžová, celé číslo (numeric) – modrá, logická hodnota (boolean) – zelená, textový řetězec (string) – růžová.

 – řídicí terminál,  – indikační terminál.

Základní rozdělení dle rozměru:



Základní rozdělení dle datového typu:

-   – Reálné číslo (DBL – číselný s dvojitou přesností a plovoucí čárkou, velikost paměti 64 bit).
EXT, SGL, CXT, CDB, CSG – rozšiřující typy reálného čísla, odlišné rozsahy maximálních čísel → práce s velikostí paměti.
-   – Celé číslo (I32 – celé číslo, dvojnásobná délka se znaménkem, velikost paměti 32 bit).
I64, I32, I16, I8, U64, U32, U16, U8 – rozšiřující typy celého čísla.
-   – Boolean, logický datový typ, velikost paměti 8 bit.
-   – String, textový řetězec, velikost paměti dle obsahu.
-   – Cluster, pouze numerické typy, velikost paměti dle obsahu.
-   – Cluster, nejen numerické typy, velikost paměti dle obsahu.
-   – Path (cesta), velikost paměti dle obsahu.
-   – I/O name (jméno vstupu/výstupu) – nese jména DAQ kanálů, VISA zdrojů, IVI jme, velikost paměti dle obsahu.
-   – Time stamp (časová značka), velikost paměti 128 bit.
-   – Dynamic Data Type (dynamický datový typ), velikost paměti dle obsahu.

[10], [11]

9. Zdrojový kód (blokový diagram) vytvořené aplikace

V následujících blocích a kapitolách jsou popsány a vysvětleny části kódu, celý program je velmi rozsáhlý a nelze ho popsat z jednoho obrázku. Kompletní zdrojový kód a SubVI hlavního programu se nachází v příloze na CD ve složce *Aplikace testovacího stánku*.


9.1 Použité funkce


Kapitola uvádí všechny použité funkce vytvořených SubVI a hlavního programu, který ovládá testovací stánek. Čtenář by měl mít po nastudování této kapitoly lepší orientaci ve zdrojovém kódu aplikace testovacího stánku.


Funkce **Numeric** (číselné):


 *Add* – Součet vstupů,  *Subtract* – Rozdíl vstupů,  *Multiply* – Násobení vstupů.


Funkce **Comparison** (porovnání):

 *Select* – Výběr hodnoty ze dvou vstupů na základě proměnné S. Pokud je S hodnoty TRUE, pak funkce vrací vstup T, je-li ale FALSE vrací vstup F. Možnost více vstupních datových typů.


 *Equal?* – Vrací hodnotu TRUE, pokud x je rovno y. V opačném případě funkce vrací FALSE.


 *Less?* – Vrací hodnotu TRUE, pokud x je menší než y. V opačném případě funkce vrací FALSE.


 *Greater Or Equal?* – Vrací hodnotu TRUE, pokud x je větší nebo rovno y. V opačném případě funkce vrací FALSE.

 *Greater Or Equal To 0?* – Vrací hodnotu TRUE, pokud vstupní hodnota je větší nebo rovna nule. V opačném případě funkce vrací FALSE.


Funkce **Boolean** (logické):


 *And* – Vypočítá logickou kombinaci vstupů, které musí být logické nebo číselné hodnoty. Jsou-li oba vstupy TRUE, funkce vrací TRUE. V jiných případech vrací FALSE.


 *Or* – Vypočítá logickou kombinaci vstupů, které musí být logické nebo číselné hodnoty. Jsou-li oba vstupy FALSE, funkce vrací FALSE. V jiných případech vrací TRUE.


 **Not** – Vypočítá logickou negaci vstupu. Pokud je vstupní proměnná FALSE, funkce vrací TRUE a naopak.


Funkce **String** (textový řetězec):


 **String Length** – Zjištění délky řetězce, vrací celé číslo: počet znaků textového řetězce.

 **Concatenate String** – Spojení více textových řetězců do jednoho.


 **String Subset** – Výběr podřetězce vstupního řetězce podle odsazení (offset) a počtu znaků.


 **Search/ Split String** – Rozdělení řetězce určitým znakem, podřetězcem nebo odsazením (offset) do dvou dílčích. Vrací také hodnotu indexu rozdělovacího znaku.

 **Decimal String To Number** – Převádí číselný řetězec na celočíselný datový typ.

 **Fract/ Exp String to Number** – Převádí exponenciální číselný řetězec na číselný datový typ s pohyblivou desetinou čárkou.

Funkce **Array** (pole):

 **Index Array** – Vybírá z pole hodnot jeden element. Funkce se přizpůsobuje připojení více rozměrného pole a podle toho nabízí počet indexů, které určují vybraný element.


 **Build Array** – Vytváří pole hodnot a umožňuje spojení více polí v jedno.


Funkce **Cluster** (klastr):

 **Bundle** – Spojení více datových typů, tvorba struktury Cluster.

Funkce **Timing** (funkce času):

 **Wait** – Čeká zadaný počet milisekund, vytváří zpoždění dané části kódu.

 **Get Date/Time In Seconds** – Časové razítko aktuálního času. LabVIEW počítá tento časový údaj podle počtu uplynulých sekund od 00:00, pátek 01.01.1904. Přesnost časovače závislá na systému.

 **Format Date/Time String** – Zobrazení časového razítka aktuálního času podle nadefinovaného kódu formátu. Příklad kódů: %Y (rok včetně století), %y (rok 2-digit), %m (měsíc), %d (den), %H (hodina), %M (minuta), %S (sekunda). Příklad složeného kódu: %H:%M:%S%2u =

20:17:00,22. Není-li použit žádný kód formátu, čas převeden do datového typu string ve stejném formátu.

Funkce **Signal Manipulation** (manipulace se signálem):



Merge Signals – Sloučení dvou nebo více signálů v jeden. Výstupem vždy dynamický datový typ, který umožňuje nést informaci o signálu např. jméno signálu, datum a čas.



Set Dynamic Data Attributes – Přiřazení atributů vstupnímu signálu (např. jméno signálu, jednotka, časová stopa), který musí být dynamického datového typu.

Funkce **File I/O** (práce se soubory):



Write To Measurement File – Funkce popsána v samostatné kapitole **Ukládání do souboru** na straně 36.

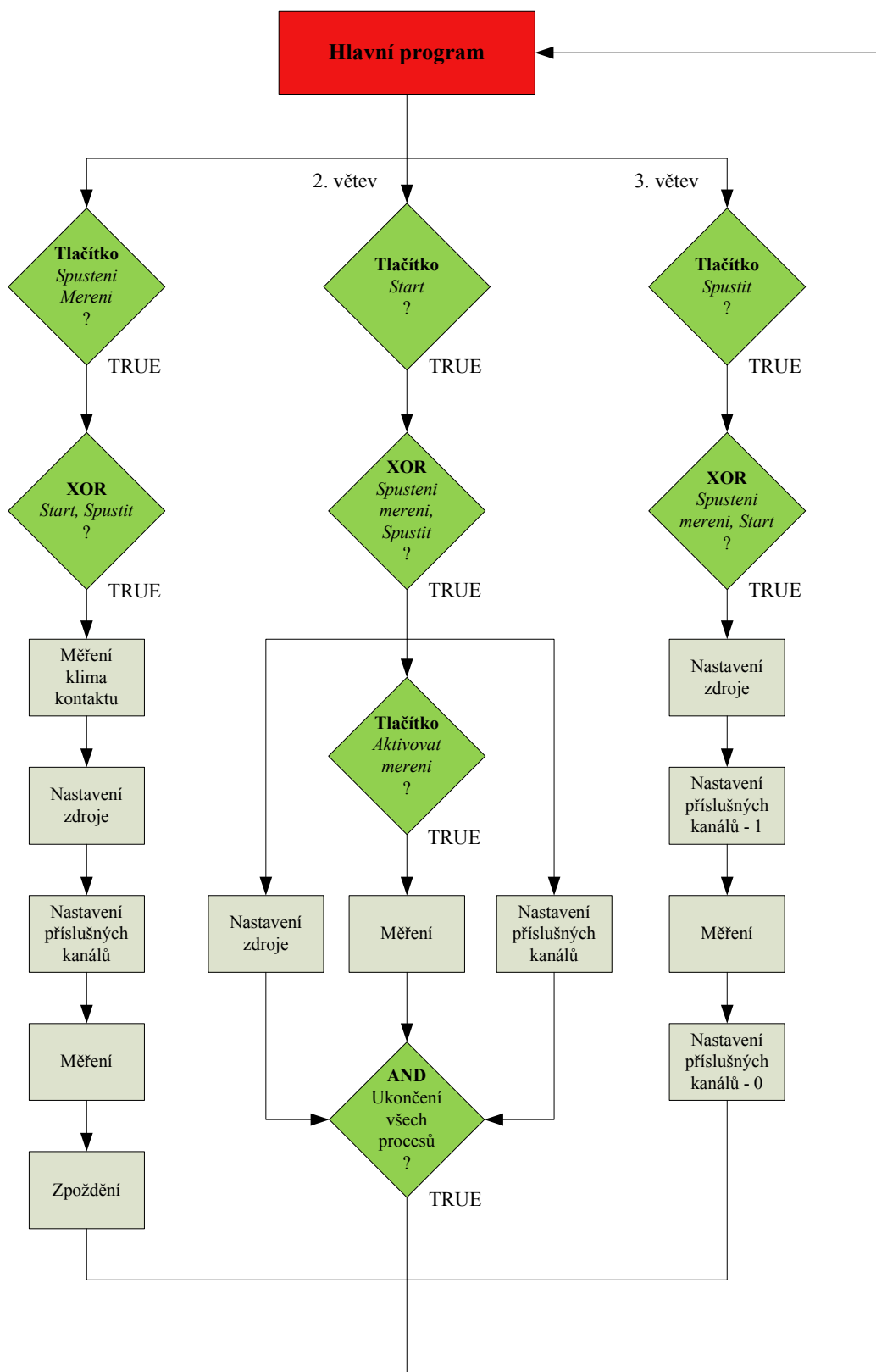


Read From Spreadsheet File – Načtení tabulkových souborů, výstupem načtená tabulka (2D pole) nebo řádek tabulky (1D pole). Možná změna datového typu výstupního pole: double, string nebo integer.

9.2 Stručný popis aplikace

První takové hlavní rozdělení charakterizují různé barvy podkladové plochy blokového diagramu. Bloky vybarvené modrou barvou vykonávají činnost měření multimetrem Keithley a zobrazení změřených dat. Žlutá barva je přiřazená k ovládání napěťového zdroje Delta. Logický datový typ má typicky zelenou barvu, proto tato barva značí nastavení výstupní digitální PCI karty (nastavení příslušných kanálů). Hlavní smyčka While označená červenou barvou udává program do aktivního režimu a zároveň slouží, jako počet cyklů sekvenčního měření. Jedno provedení smyčky se rovná vykonání celé ovládací tabulky *Tab. Zapis sekvence*, ve vizualizační části nazvána *Sekvence programu*.

Dále lze zdrojový kód rozčlenit na tři záložky: Sekvenční měření, Jednotlivé nastavení a Kompenzační napětí. Toto jsou tři hlavní ovládací záložky, které se navzájem ovlivňují. V provozu může být vždycky pouze jedna, zbylé dvě jsou uzamčené společně s ovládacími prvky. Každá záložka obsahuje svůj vlastní kód kromě měření multimetrem Keithley v záložce Jednotlivé nastavení, kdy využívá část kódu Sekvenčního měření, konkrétně třetí okno sekvence. Pro zjednodušený náhled vykonávání funkcí je na další stránce základní vývojový diagram, poznámka: v první větvi nezáleží na pořadí a počtu vykonávaných procesů, volba obsluhy.

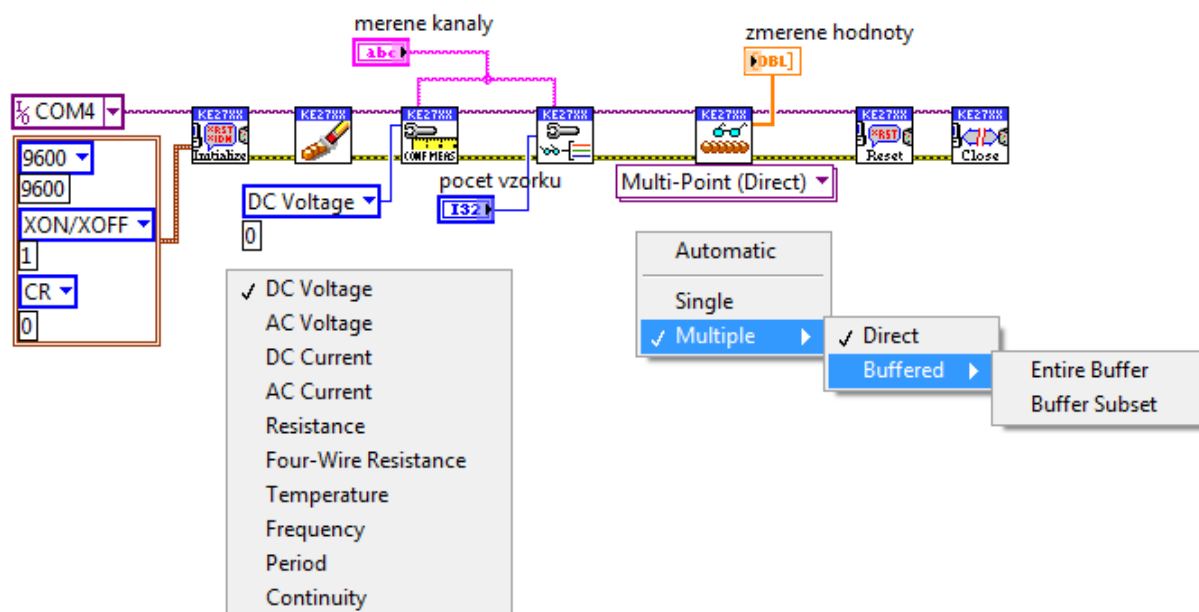


Obrázek 22 – Základní vývojový diagram hlavního programu

9.3 Hlavní vykonávané procesy aplikace

9.3.1 Měření digitálním multimetrem Keithley

Popis jednotlivých VI Keithley 27XX napovídá, v jakém pořadí jsou vykonávány. VI nejsou spouštěny paralelně, ale provádí se postupně zleva směrem doprava. Smyčka, ve které jsou tyto VI vloženy, čeká, až se všechny procesy provedou, což může trvat i několik sekund. Poté program pokračuje nebo je načten nový cyklus.



Obrázek 22 – Měření digitálním multimetrem Keithley

1. Keithley 27XX Initialize.vi – Připojení přístroje přes vybraný COM a nastavení správné konfigurace pro komunikaci mezi dvěma zařízeními (počítač – multimetr).

COM – Hardwarové rozhraní sériového portu. Název využít také k virtuálním portům, které jsou softwarově vytvořeny například pro USB na sériový port redukci. Název portu, přes který Keithley komunikuje s počítačem přes sériové rozhraní RS 232 je COM4. Rozhraní RS 232 obsahuje ještě před připojením k počítači redukci na USB.

VISA (Instrument Software Architecture Virtual) – standard pro konfiguraci, programování a přístrojové řešení problémů systémů obsahující GPIB, PCI, Serial, Ethernet nebo USB rozhraní. VISA poskytuje programovací rozhraní mezi hardwarem a vývojovým prostředím. Prostředí LabVIEW disponuje NI-VISA se softwarovými knihovnami.

Před spuštěním jakýkoliv jiných VI z knihovny Keithley 27XX, musí být načteno *Initialize.vi* společně s názvem připojeného portu (COM4) a sériovou konfigurací. Typ přístroje je automaticky rozpoznán pomocí VISA Read. Možnost připojení Keithley model 2700, 2701 nebo 2750.

Konfigurace:

- Baud rate – přenosová rychlost 9600 bit/s (další možnosti: 300, 600, 1200, 2400, 4800 a 19,2k).
Na obou stranách komunikace musí být nastavená stejná přenosová rychlost.
- Flow control – řízení toku dat 1:XON/XOFF.
Pro model 2700 lze zvolit pro přijetí a odeslání dat pouze tuto položku. Zůstane-li bez nastavení NONE, přístroj nebude komunikovat.
- Termination character – ukončovací znak 0:CR.
Výběr z možností: CR – Carriage return, ukončovací znak „\r“.
LF – Line feed, ukončovací znak „\n“. [2]

2. Keithley 27XX Clear Data Buffer.vi – Toto VI maže datovou vyrovnávací paměť.

3. Keithley 27XX Configure Measurement.vi – Nastavení funkce měření: DC napětí, AC napětí, DC proud, AC proud, odpor, čtyřvodičové měření odporu, teplota, frekvence, perioda a kontinuita. Nastavení rozsahu měřené veličiny: zvolený automatický rozsah s rozlišením 6.5 digit.

Scan List – Výběr kanálů měřicích karet. Adresa zadána čísly, příklad adresy jednoho kanálu „203:203“. První číslice značí slot umístění karty, v tomto případě jde o druhou kartu a konkrétně třetí kanál. Skenování více kanálů v jednom cyklu: „101:140“ první karta a výběr všech 40 kanálů. Výběr jednotlivých kanálů obou měřicích karet: „102:102,105:105,209:209,240:240“ z první karty vybrány kanály 2, 5 a z druhé karty 9, 40.

Přesná adresa pro VISA Write: „(@101:110)“ výběr prvních deseti kanálů první karty, závorky a zavináč jsou automaticky přidány v knihovních VI Keithley 27XX, proto inicializace měřených kanálů v prostředí LabVIEW podle předchozího odstavce. [2]

4. Keithley 27XX Configure Scan.vi – Konfigurace seznamu měřených kanálů a počtu měřených vzorků. Vstupní terminál Channel List dostává stejný příkaz jako u předešlého VI *Configure Measurement* vstup Scan List, tyto terminály jsou proto spojené. Je-li Channel List prázdný, skenování kanálů není povoleno. Počet vzorků je udáván v závislosti na počtu měřených kanálů. Pro jeden kanál odpovídá jeden výstupní vzorek.

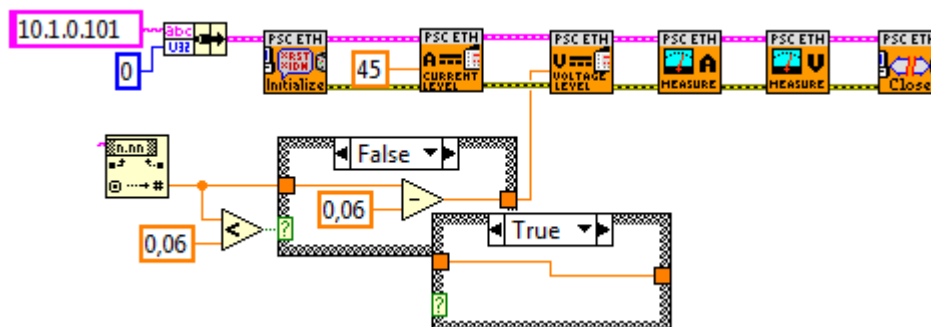
5. Keithley 27XX Read Multiple Direct.vi – Po změření hodnot vrací výsledky v 1D poli nebo ve skalárním tvaru, který je využit pouze u měření klíma kontaktu. Všechny ostatní měření vráceny v 1D poli a následně rozděleny v jiné části kódu na skalární hodnoty, pro zobrazení a uložení pod příslušný měřený kanál.

6. Keithley 27XX Reset.vi – Resetuje daný přístroj aby mohlo probíhat nové měření. Reset vykonán až po vrácení změřených hodnot. Pokud by nastal nějaký problém, vrací chybovou hlášku.

7. Keithley 27XX Close.vi – Uzavírá veškerou komunikaci s přístrojem. Pro nové načtení potřeba využít opětovné inicializace.

9.3.2 Nastavení napěťového zdroje Delta

Ovládání napájecího zdroje Delta je založeno na stejném principu, jako komunikace s multimetrem Keithley. Prvním krokem dochází k inicializaci, konfiguraci přístroje poté práce s daty (nastavení přístroje, čtení z přístroje) a nakonec uzavření spojení počítače se zdrojem. Komunikaci a programování umožňuje programátor PSC ETH, který je řízen přes počítačovou síť Ethernet. Spojení programátoru přímo se zdrojem navázáno přes sériovou linku RS 232.



Obrázek 23 – Řízení napěťového zdroje Delta SM 35-45

Odečítání hodnoty 0,06 z požadovaného nastavení napětí je provedeno z důvodu, že zdroj nastavuje svoje výstupní napětí právě o odečítanou hodnotu navíc. Tento problém nastává pouze při softwarovém použití, tudíž chyba na straně programovacího zařízení. Přepnutí zdroje z módu softwarového ovládání na fyzické ovládání z předního panelu zdroje, chybu nevykazuje. Rozdílná hodnota je ve všech rozsazích zdroje 0-35 V stejná, proto takto jednoduché řešení odečtení pevně stanovené konstanty. Aby nedošlo ke kolizi, hodnota odečtena za předpokladu je-li požadované napětí větší jak 0,06 V. V opačném případě by při nastavení nulové hodnoty dostával programátor příkaz v záporné hodnotě -0,06. To by okamžitě způsobilo chybovou hlášku a zastavení programu.

1. PSC_ETH Initialize.vi – Jediné nastavení tohoto VI je IP adresa programátoru PSC-Ethernet pro navázání spojení. Zbylé potřebné nastavení pro správnou komunikaci počítače s programátorem zařizuje právě *Initialize.vi*.
2. PSC_ETH Source Current.vi – Nastavení velikosti proudu zdroje. Zdroj je používán jako napěťový, proto velikost proudu nastavena na maximální úroveň 45 A. Vyšší hodnota proudu nad maximální úroveň zdroje, vyvolá chybovou hlášku.
3. PSC_ETH Source Voltage.vi – Nastavení velikosti stejnosměrného napětí v rozsahu 0-35 V.
4. PSC_ETH Measure Current.vi – Návrátová hodnota odebíraného proudu zdroje. V programu nevyužito, celkový odebíraný proud lze přehledně vidět na segmentovém displeji zdroje.
5. PSC_ETH Measure Voltage.vi – Návrátová hodnota nastaveného napětí zdroje. V programu nevyužito stejně jako *Measure Current.vi*.

6. PSC_ETH_Close.vi – Uzavření komunikace s programovacím zařízením PSC Ethernet.

9.3.3 Nastavení příslušných kanálů – ovládání PCI karty

9.3.3.1 Digitální karta PCI_DIO_96

Ovládání v prostředí LabVIEW pomocí NI-DAQ instrument driver, konkrétně NI-DAQ Assistant. Tento driver není standardní nabídkou LabVIEW, proto nutná instalace NI-DAQmx před připojení karty k počítači. Po instalaci je zařízení automaticky rozpoznáno a načteno.

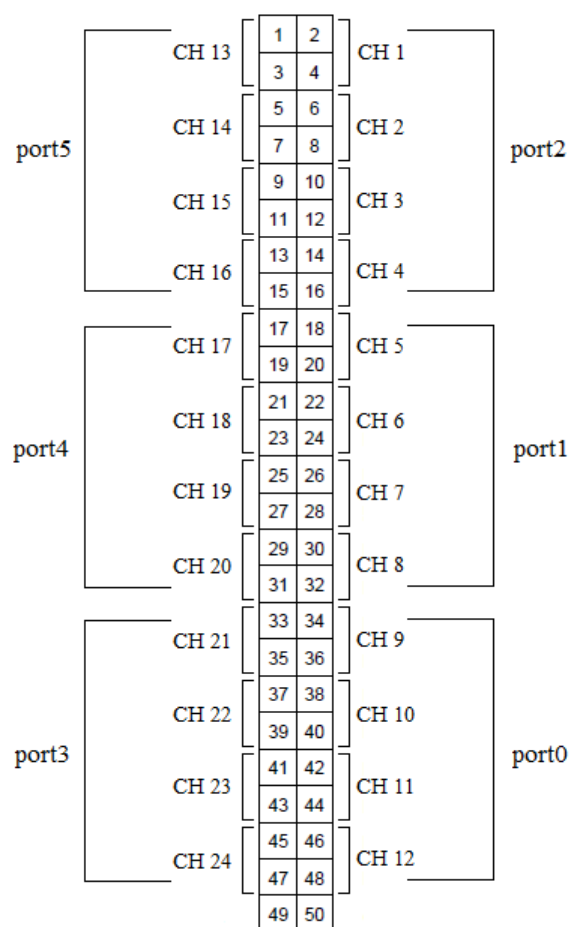
DAQ (Data Acquisition) systém – Získávání dat z měření nebo generování fyzikálních signálů. Ke každému zakoupenému zařízení přiložen instalační soubor, pro aktuální verzi DAQ systému, kvůli rozpoznání daného zařízení. Starší verze mohou mít za následek špatnou komunikaci nebo nerozpoznání daného připojeného zařízení. DAQ systémy pracují na bázi sběrnice a rozhraní ISA, PCI, GPIB (IEEE 488), PC-Card, PCMCIA, USB, Ethernet, sériových, paralelních a dalších průmyslových rozhraní.

Konfigurace a použití funkcí této knihovny:

- Získávání dat (Acquire Signals) – vstupní data.
- Generování dat (Generate Signals) – výstupní data.
- Analog Input/Output – programování, měření analogových vstupů/výstupů.
- Digital Input/Output – digitální vstupy/výstupy, většinou využívána TTL logika.
- Counter – čítače, čítání událostí, frekvence a střída.

Nastavení DAQ Assistant:

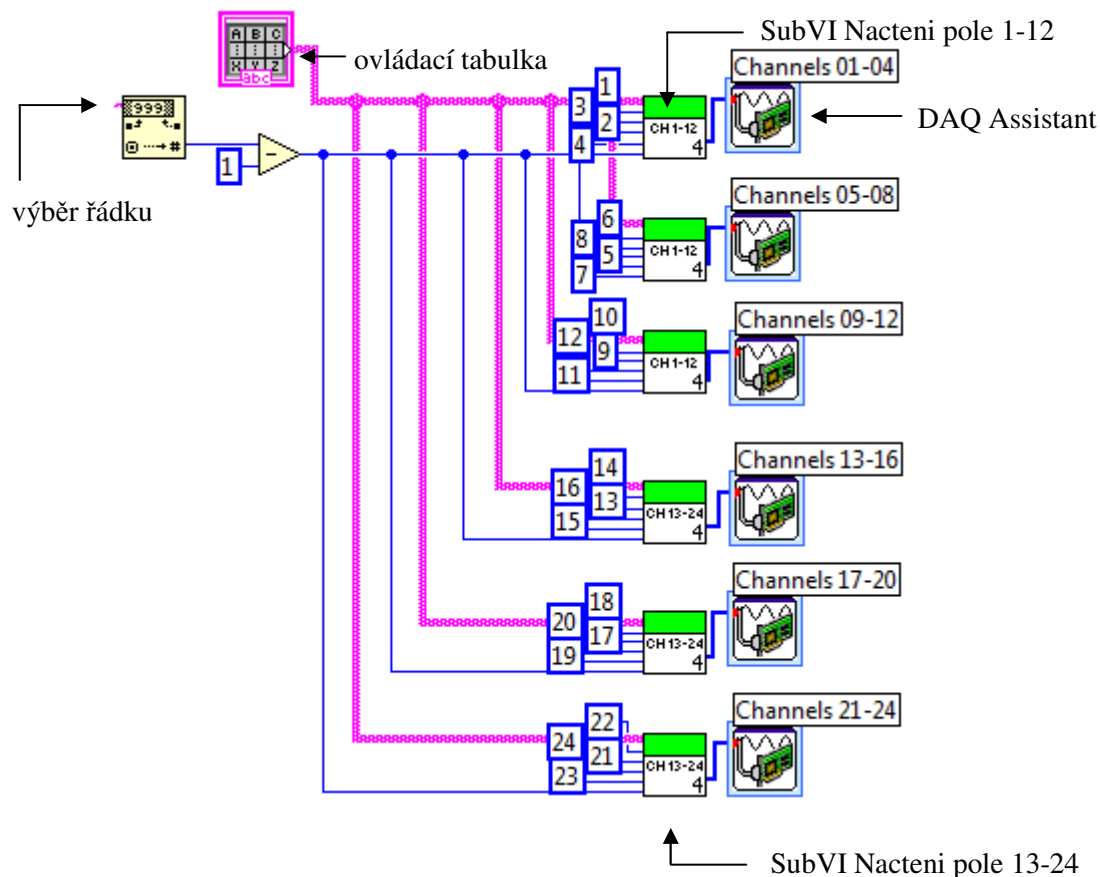
Po výběru prvku DAQ Assistant a vložení do blokového diagramu se automaticky spouští konfigurační okno, které vybírá připojené zařízení popřípadě konkrétní kanál. Výběr PCI karty: *Generate Signals* → *Digital Output* → *Port Output* → *Dev1 (PCI-DIO-96)* → *port0*. Port0 dokáže ovládat pouze 8 pinů karty a tedy 4 kanály přepínací karty, proto je využito dohromady šesti DAQ Assistant s různými porty. Označení jednotlivých portů viz níže obrázek.



Obrázek 24 – Obsazení pinů PCI karty

1. DAQ Assistant: konfigurace *port2*, ovládání napájecích kanálů CH 1-4
2. DAQ Assistant: konfigurace *port1*, ovládání napájecích kanálů CH 5-8
3. DAQ Assistant: konfigurace *port0*, ovládání napájecích kanálů CH 9-12
4. DAQ Assistant: konfigurace *port5*, ovládání napájecích kanálů CH 13-16
5. DAQ Assistant: konfigurace *port4*, ovládání napájecích kanálů CH 17-20
6. DAQ Assistant: konfigurace *port3*, ovládání napájecích kanálů CH 21-24

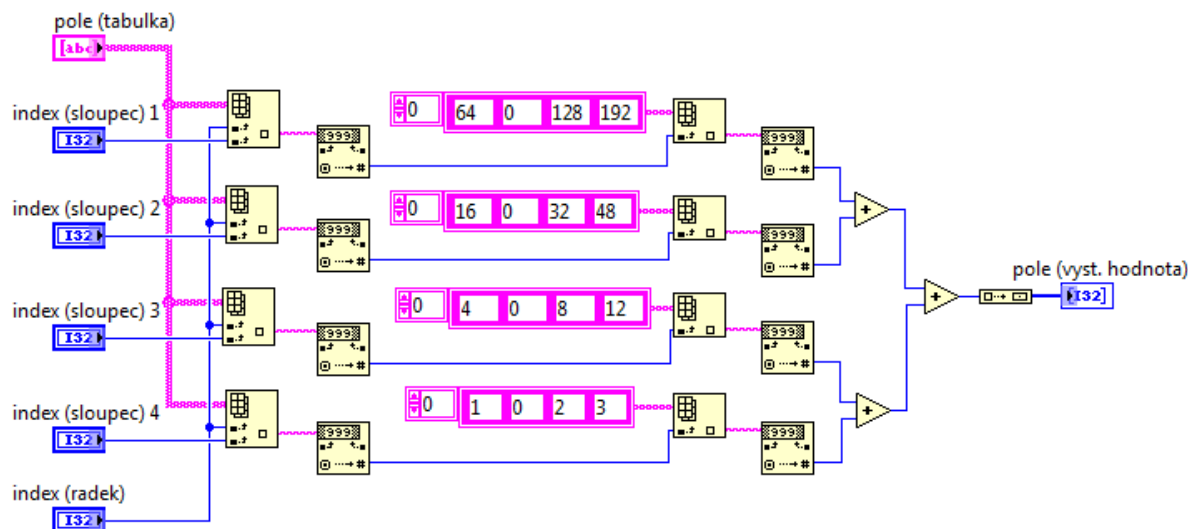
9.3.3.2 Vytvořený program pro ovládání příslušných kanálů



Obrázek 25 – Zdrojový kód programu pro nastavení příslušných kanálů

Hlavní ovládací prvek tabulka je připojena k několika SubVI *Nacteni pole 1-12* a *Nacteni pole 13-24*, které vybírají správnou hodnotu k nastavení DAQ Assistant. Zvolené konstanty připojené k vstupním terminálům všech SubVI určují výběr sloupce (kanálu). Vstupní proměnná výběr řádku převedená z datového typu string na celočíselný musí být odečtena o číslo 1, z důvodu indexování pole (tabulky) od hodnoty nula. Ovládání celé tabulky vysvětleno v následující hlavní kapitole **Vizualizace aplikace testovacího stánku**. Dále podrobnější vysvětlení funkcí jednotlivých SubVI a parametry k nastavení DAQ Assistant.

SubVI Nactení pole 1-12



Obrázek 26 – Nactení pole 1-12.vi zdrojový kód

Načtené 2D pole (tabulka) datového typu string je převedeno na skalární hodnoty. Hodnoty v poli musí být celočíselné v rozsahu 0-3. Z načtené tabulky, funkce *index array* vybírají jeden řádek o čtyřech sloupcích, dostáváme tedy čtyři hodnoty. Decimal String To Number převádí string na celé číslo. Hodnota 0-3 z načtené tabulky vybírá pomocí funkce *index array* jednu ze čtyř konstant. Vybrané konstanty se sčítají, celkový součet je potom převeden ze skalární hodnoty do 1D pole. Převod musí být proveden, kvůli DAQ Assistant, který vyžaduje vstupní hodnotu v 1D poli. Výstupní hodnota tohoto VI udává součet logické kombinace osmi pinů PCI karty v decimální podobě. Každý kanál testovacího stánku má svůj vlastní multiplexor, který vybírá jeden ze čtyř možných signálů (stav vypnuto, analog, blinkr a PWM). K nastavení jednoho multiplexoru je zapotřebí logické kombinace dvou pinů PCI karty. Výstupní hodnota tohoto podprogramu tedy dokáže ovládat čtyři kanály testovacího stánku.

Tabulka 3 – Konstanty charakterizující typ signálu pro CH 1 - 12

Typ signálu	Hodnota tabulky	Log. kombinace	Výsledné konstanty			
			CH 1, 5, 9	CH 2, 6, 10	CH 3, 7, 11	CH 4, 8, 12
Stav vypnuto	0	01	64	16	4	1
Analog. signál	1	00	0	0	0	0
Blinkr signál	2	10	128	32	8	2
PWM signál	3	11	192	48	12	3

Příklad výpočtu výsledné hodnoty pro jeden DAQ ASSISTANT (např. CH 1-4):

1. kanál PWM signál, 2. kanál analogový signál, 3. kanál vypnutý, 4. kanál vypnutý
Výstupní hodnota = $192 + 0 + 4 + 1 = 197$

SubVI Nactení pole 13-24

Podprogram plní stejnou funkci jako *Nactení pole 1-12*, liší se pouze zdrojový kód v poskládání sčítaných konstant. Změna výstupní hodnoty musela být provedena z důvodu špatného zrcadlení druhé poloviny přepínací karty a tedy jiné ovládání zbylých dvanácti multiplexorů.

Tabulka 4 – Konstanty charakterizující typ signálu pro CH 13 - 24

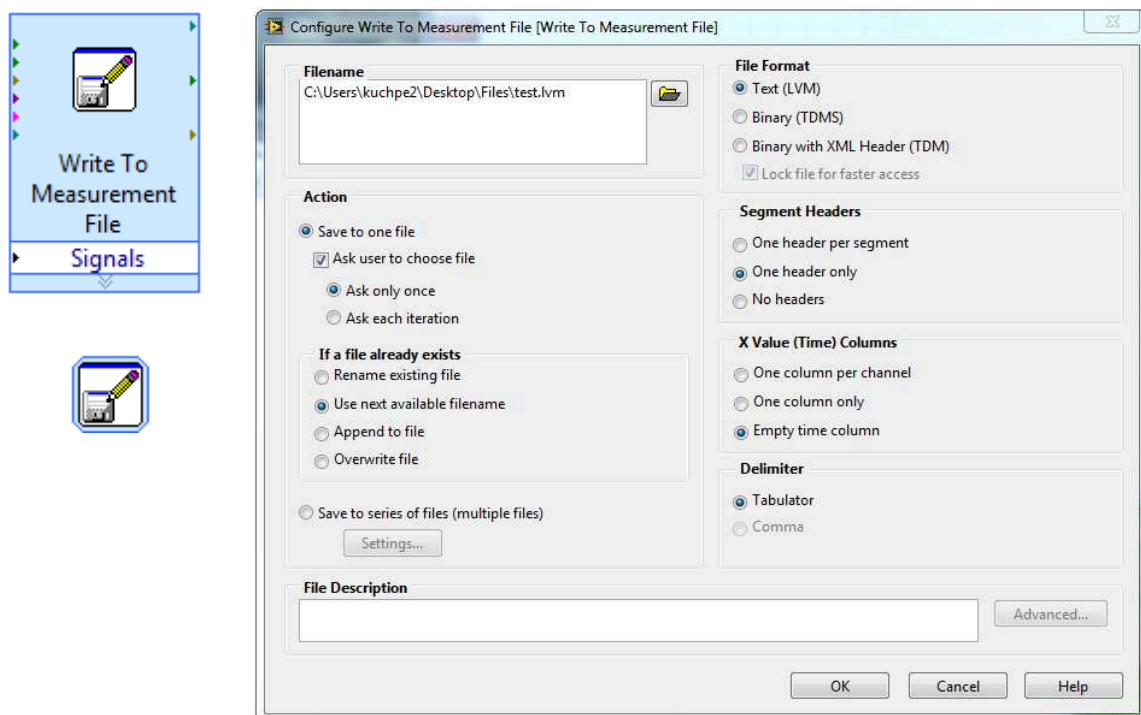
Typ signálu	Hodnota tabulky	Log. kombinace	Výsledné konstanty			
			CH 13,17, 21	CH 14, 18, 22	CH 15, 19, 23	CH 16, 20, 24
Stav vypnuto	0	10	128	32	8	2
Analog. signál	1	00	0	0	0	0
Blinkr signál	2	01	64	16	4	1
PWM signál	3	11	192	48	12	3

Výstupní hodnota tohoto SubVI pro předešlý příklad vychází 202.

9.3.4 Ukládání do souboru

Zápis změřených hodnot do textového souboru. Data musí být uložena spolehlivě, protože se jedná o hlavní výstup měřicího zařízení. Během testu není možné, aby ukládání do souboru jakýkoliv způsobem selhalo. Výsledná data textového souboru slouží k vyhodnocení testu. Velikost souboru je závislá na počtu měření. Jeden cyklus skenování všech kanálů může trvat několik sekund, konkrétně až dvacet vteřin. Rychlost měření digitálním multimetrem Keithley je omezena kvůli reléovému přepínání mezi měřenými kanály. V jeden okamžik umí měřit pouze jeden kanál, a protože rozšiřující měřicí karty obsahují až 82 kanálů, délka měření je časově prodloužená. Z tohoto důvodu není potřeba ošetřovat přesáhnutí velikosti textového souboru, počet změřených hodnot není rozsáhlý. Poznatky z praxe ukazují, že nepřetržité měření všech teplotních kanálů celý den (24 hodin), vytvořilo soubor o maximální velikosti 2 MB.

K ukládání dat je použita expresní funkce Write To Measurement File. Jednoduché nastavení funkce ovšem přináší omezení možností nastavení ukládání dat. Požadavky na výstupní soubor byly řazení měřených kanálů do sloupců oddělené tabulátorem, názvy kanálů v prvním řádku a čas měření. Tyto vlastnosti funkce umožňuje a není potřeba pracovat se skupinou komplexních, pokročilých VI a funkcí.



Obrázek 27 – Konfigurační okno Write To Measurement File Express VI

Název a umístění souboru **Filename** je sice nastavené ale kvůli zaškrtnutí kolonky *Ask only once* vyskočí při prvním měření dialogové okno, které vybírá novou cestu uložení a název souboru. Odstavec *If a file already exists* umožňuje nastavit, zda nový soubor má provést: přejmenovat existující soubor, použít nový dostupný název, připojit k již existujícímu souboru a pokračovat v zápisu nebo přepsat existující soubor. Vybraná možnost *Use next available filename* po prvním měření čeká na nový dostupný název. Formát souboru – textový LVM (**LabVIEW Measurement**), otevření nejčastěji v programu Poznámkový blok. Hlavička souboru podle možnosti *One header only* vypsána pouze jednou na začátku při prvním měření. Osa x (časová osa) *X Value (Time) Columns* je vypnutá, formát času neodpovídá požadavkům pro vyhodnocení testu. Čas měření zastává sloupec *Comment*, do kterého je ukládán systémový čas i s datem. Oddělovací prvek sloupců použit tabulátor, druhá možnost je čárkou. Příklad textové souboru v příloze na CD ve složce *Příklady textového souboru*.

10. Vizualizace aplikace testovacího stánku

Z důvodu velkého množství ovládacích prvků a zobrazení velkého počtu dat je celá vizualizace rozdělena do několika záložek. Část záložek se stará o řízení programu a část zobrazuje naměřené hodnoty, které pro kontrolu testu vykreslují předdefinované grafy. V následujících kapitolách jsou pak popsány ovládací a indikační schopnosti všech záložek.

Použité prvky čelního panelu:

Ovládací prvky:

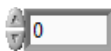
Tlačítko (boolean):



Zaškrtnuté pole (boolean):



Numerický ovládací prvek:



Textový ovládací prvek:



Výběr z pole textových řetězců:



Po rozbalení menu vybírá jedno pole, které bude použité jako textový ovládací prvek.

Dalšími ovládacími prvky jsou tabulky, do kterých se dosazují pouze čísla. Každé číslo má přiřazenou určitou vlastnost. Numerické ovládání tabulky je z důvodu úspory místa a lepšího zpracování zdrojového kódu. Čísla, která se do tabulky vyplňují jsou vždy popsána.

Indikační prvky:

LED dioda (boolean):



Numerický indikační prvek:



Textový indikační prvek:



Grafy: Waveform Chart a XY Graph

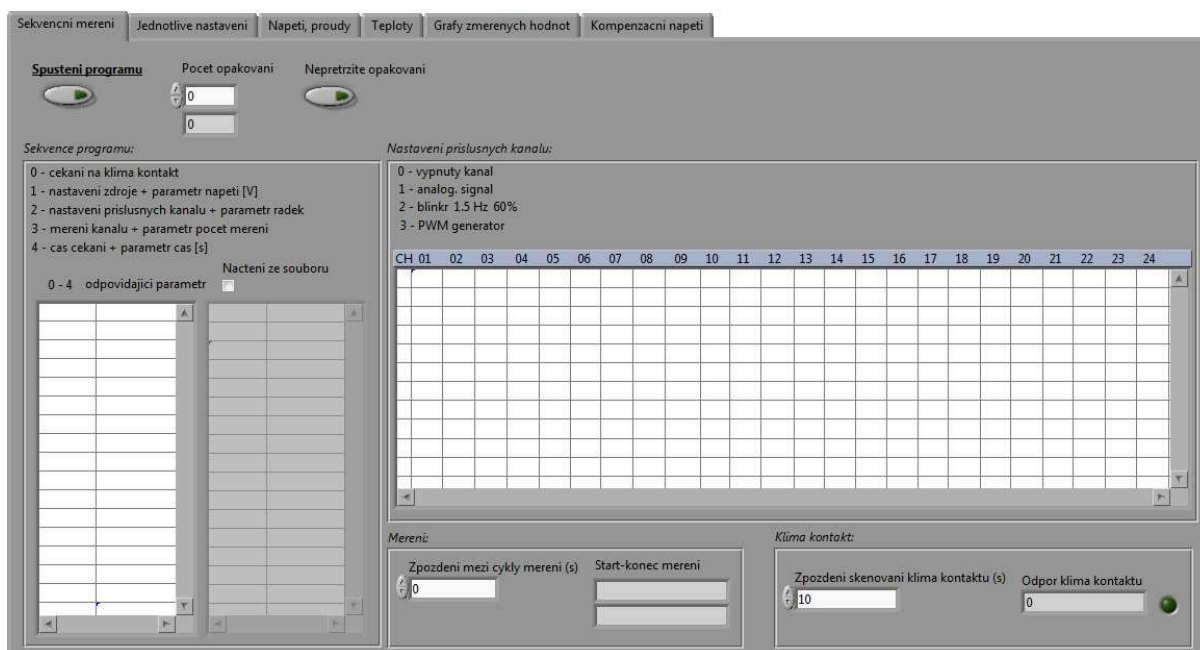
13.1 Záložka Sekvenční měření

Sekvenční měření slouží především pro tzv. **teplotní schody**. Vykonávané procesy testovacího stánku běží sériově, řadí se za sebe a nemůže se tedy stát, aby dva nebo více procesů běželo v jeden okamžik. Pojmem vykonávaný proces je myšleno: čekání na klima kontakt, nastavení napájecího

zdroje Delta, nastavení příslušných kanálů (čtyři druhy napájecích signálů), měření digitálním multimetrem Keithley a zpoždění celého cyklu sekvenčního měření. Nezávislé pořadí těchto úkolů umožňuje obsluhu sestavit program dle svých potřeb a nastavit počet opakování (cyklů).

Teplotní schody: Zjištění chování testovaných vzorků pomocí měření vstupních proudů do LED modulů ve spektru teplot T_{min} - T_{max} . Měření se provádí po sepnutí klima kontaktu až je hodnota teploty ustálená.

Klima kontakt: Temperační pece a klima komory mají omezený výkon ohřevu a chlazení. Nelze tedy teplotní změny provést skokově. Časová prodleva dosažení požadované teploty uvnitř komory dosahuje až několika minut. Komunikace testovacího stánku a klima komor zprostředkovává právě klima kontakt. Je-li hodnota teploty na požadované hodnotě, klima kontakt vykazuje sepnutý stav (téměř nulový odpor kontaktu). Pokud je komora ve fázi ohřevu nebo ochlazování, klima kontakt není sepnutý (nekonečně velký odpor).



Obrázek 29 – Vizualizace záložka Sekvenční měření

Nastavení příslušných kanálů: Do ovládací tabulky jsou zapisovány čísla 0-3, čtyři napájecí signály. **0** – vypnutý kanál, bez napájecího napětí; **1** – analogový signál, stejnosměrný napájecí signál ze zdroje Delta; **2** – blinkr signál, přerušovaný napájecí signál o frekvenci 1.5 Hz a střídě 60 % vytváří simulaci blinkru. Perioda rozdělena na 60 % log. 1 a 40 % log. 0; **3** – PWM generátor, upravuje napájecí signál tzv. pulzní šířkovou modulací. Změna střídý 0-100 % a frekvence 62-235 Hz. Ovládání pouze fyzickými tlačítky na předním panelu testovacího stánku a zobrazení aktuálního hodnot generátoru pomocí tří sedmi segmentových displejů.

Nastavení kanálů prováděno po řádcích, vždy vybrán jeden celý n-tý řádek. Prázdnému poli tabulky automaticky přiřazeno číslo nula – vypnutý kanál. Různé kombinace čísel v jednom řádku nejsou omezeny.

Sekvence programu: Do řídicí tabulky, která obsahuje dva sloupce, a neomezený počet řádků jsou vkládány opět čísla, která charakterizují dané úkoly a jejich parametry. Jeden řádek roven jednomu úkolu. Procesy (úkoly) vkládány do prvního sloupce, parametry definovány ve druhém sloupci. Spuštění záložky tlačítkem „*Spusteni programu*“ načte první řádek tabulky, tedy první proces. Po dokončení prvního úkolu program skočí na druhý řádek a znovu čeká na dokončení. Takhle pokračuje, až narazí na prázdný řádek, který zastavuje běh aplikace, je-li počet opakování rovno jedné. Ovládací prvek „*Pocet opakovani*“ totiž určuje, kolikrát bude sekvence programu opakována. Numerický indikátor ukazuje, v kolikátém cyklu programu se běh sekvence nachází. Tlačítko „*Nepretržite opakovani*“ zacyklí neustálé opakování nadefinované tabulky. Po vypnutí tohoto tlačítka bude program dokončen, až narazí v daném cyklu na prázdný řádek.

Rozsáhlejší vyplnění tabulky je docela pracné, protože nelze kopírovat a přesouvat více bloků, jako např. Microsoft Excel. Aby uživatel nemusel vyplňovat každou buňku tabulky zvlášť, existuje možnost „*načtení ze souboru*“. Načtený soubor musí mít příponu *.xls – soubor aplikace Microsoft Excel. Upozornění pro práci v Excelu: používat první dva sloupce, oba sloupce představují stejnou funkci (A úkol, B parametr), protože soubor je načtený do typově stejné tabulky, jako při přímém vyplňování. Načtení některého vytvořeného souboru lze pouze v prvním cyklu tzn. aby byl soubor načtený, musí být zaškrtačkové pole „*Nacteni ze souboru*“ zaškrtnuté ještě před spuštěním záložky Sekvenční měření tlačítkem „*Spusteni programu*“. V opačném případě program bere hodnoty z původní tabulky.

Popis čísel vkládaných do tabulky: **0** – čekání na klima kontakt, multimetr měří odpor klima kontaktu, a pokud se blíží nule, led dioda signalizuje sepnutý stav. Základní nastavení časového intervalu, po kterém se provede jedno proměření, je 10 s. Čas lze libovolně měnit ovládacím prvkem „*Zpozdeni skenovani klima kontaktu [s]*“. Tento parametr do tabulky není vůbec udáván. **1** – nastavení napájecího zdroje, parametr velikost napětí [V]. **2** – nastavení příslušných kanálů, parametr řádek tabulky „*Nastaveni prislusnych kanalu*“. **3** – měření kanálů, parametr počet opakování měření zaškrtnutých kanálů v záložkách Napětí, proudy a Teploty. Čas prvního a posledního měření zobrazuje indikační prvek „*Start-konec mereni*“. **4** – zpoždění, parametr počet sekund. Časový interval, ve kterém se nic neděje. Použití pro dobu, kdy má stánek zůstat nastavený z předchozích procesů a čeká na uplynutí nastaveného času.

„**Spusteni programu**“ – Ovládací prvek spouští celou záložku Sekvenční měření. Před zapnutím této záložky je potřeba mít veškeré ovládací prvky nastavené, hlavně vyplněné tabulky. Je-li tabulka „Sekvence programu“ prázdná nebo nepoužívá-li se načtený soubor, aplikace se ihned vypíná. Vypnutí tlačítka „*Spusteni programu*“ za běhu programu, způsobí po dokončení aktuálního cyklu, také vypnutí aplikace.

Příklad sestavení programu:

Sekvence programu:

- 0 - cekani na klima kontakt
- 1 - nastevni zdroje + parametr napeti [V]
- 2 - nastveni prislusnych kanalu + parametr radek
- 3 - mereni kanalu + parametr pocet mereni
- 4 - cas cekani + parametr cas [s]

0 - 4 odpovídající parametr ☐ Nacteni ze souboru

1)	0	
2)	2	1
3)	1	12
4)	3	2
5)	2	2
6)	1	10
7)	3	2
8)	2	3
9)	4	600

Pocet opakovani

8
0

Nastaveni prislusnych kanalu:

- 0 - vypnuty kanal
- 1 - analog. signal
- 2 - blinkr 1.5 Hz 60%
- 3 - PWM generator

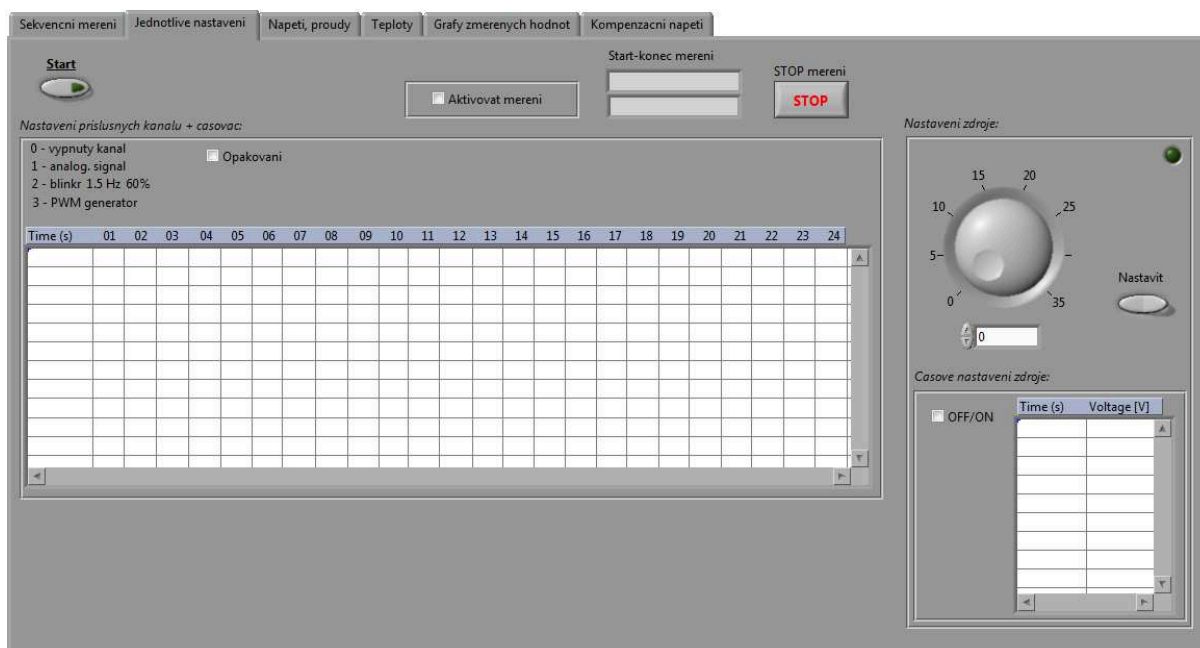
CH	01	02	03	04	05
	1	1	1	1	
	3	3	3	3	
	0	0	0	0	

Obrázek 30 – Ukázka použití záložky Sekvenční měření

1) Čekání na klima kontakt, proměření každých 10 s (základní nastavení). Po sepnutí klima kontaktu a tedy dosáhnutí nastavené teploty v klima komoře pokračuje sekvence dalším řádkem. 2) Nastavení napájecích kanálů na analogový signál. Pro ukázkou pouze čtyři vzorky a všechny mají stejné nastavení. 3) Napájecí napětí nastaveno na 12 V. 4) Měření zaškrtnutých kanálů, provedeno dvakrát. 5) Nastavení napájecích kanálů na PWM signál (př. snížení jasu led diod). 6) Snížení napájecího napětí na 10 V. 7) Znovu dvakrát změřeny určené kanály. 8) Vypnutí napájecích kanálů. 9) Čekání 10 minut, po uplynutí času se cyklus opakuje. Tato sekvence programu se provede celkem osm krát. Počet opakování by mohl například znamenat, osm změn teploty klima komory.

13.2 Záložka Jednotlivé nastavení

Paralelní ovládání nastavení napájecího zdroje, nastavení příslušných kanálů a měření kanálů. Spouštění v jeden okamžik. Záložka neobsahuje čekání na klima kontakt a zpoždění všech vykonávaných procesů, protože se nejedná o sekvenční běh programu. Udávání do provozu tlačítkem „Start“. Deaktivace vypíná veškeré spuštěné procesy maximálně do 1 s.



Obrázek 31 – Vizualizace záložky Jednotlivé nastavení

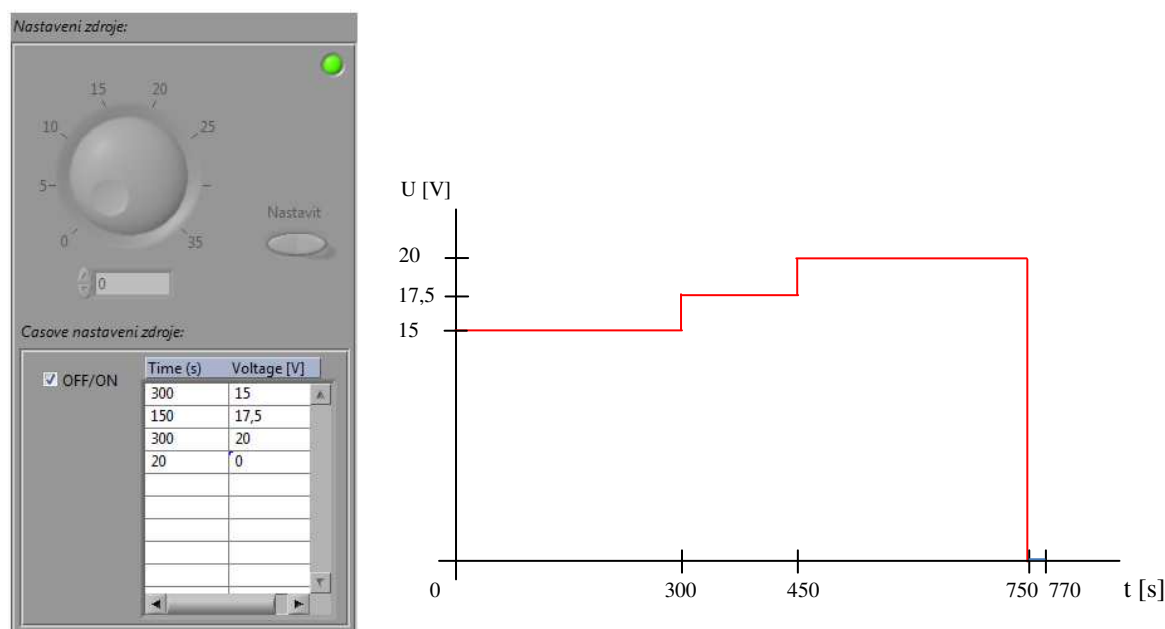
Měření kanálů: Zapínání zaškrtnutím pole „Aktivovat měření“ ještě před startem záložky. Je-li záložka zapnuta a měření není aktivní, nelze už spustit. K spuštění měření je potřeba vypnout záložku, aktivovat měření a znovu zapnout. Po prvním měření vyskočí dialogové okno, které určuje cestu uložení a název textového souboru. Předčasné ukončení měření umožňuje tlačítko „STOP měření“. Stiskem zůstává zaražené a čeká na dokončení posledního cyklu měření. Po dokončení měření je vráceno do původní polohy, aby při nové aktivaci nevypnulo měření hned po první cyklu. Uživatel tak nemusí myslet na správnou polohu tlačítka. Začátek a konec měření zobrazuje textový indikátor „Start-konec měření“.

Nastavení příslušných kanálů + časovač: Vyplnění tabulky téměř totožné jako v záložce Sekvenční měření. Rozdíl v ovládání je použití časovače pro každý řádek. Nastavení bráno po řádcích od shora dolů. Časový interval řádku určuje, jak dlouho dobu bude konkrétní řádek nastaven. Načtení prázdného řádku, konkrétně prázdné pole časového intervalu, ukončuje další nastavení příslušných kanálů. Typ napájecího signálu zůstává nastaven podle posledního použitého řádku. K opakování vyplnění tabulky slouží zaškrtnutí pole „Opakování“, které po načtení prázdného řádku, přesměruje načítání programu znovu od prvního řádku.

Nastavení zdroje, časové nastavení zdroje: Otočný knoflík nastavuje požadovanou hodnotu napětí, která má být na napájecím zdroji Delta. Tlačítko „nastavit“ pošle hodnotu do zdroje a ten se posléze nastaví. Je to takový potvrzovací prvek aby nedošlo k omylu a například spálení testovaného vzorku vysokým napětím. Možnosti nastavení napětí 0 – 35 V. Změnu napětí lze měnit nejen ručně otočným knoflíkem, ale také po časových intervalech. Ovládací tabulka – levý sloupec čas v sekundách, pravý sloupec napětí ve voltech. Princip načítání stejný jako u předchozích tabulek, jednotlivě po řádcích. Prázdný řádek neukončuje časové nastavení, ale automaticky cyklus opakuje od prvního řádku. Je-li v provozu časové nastavení, otočný knoflík a potvrzovací tlačítko jsou

uzamčeny. Signalizační led dioda ukazuje, zda je možné zdroj nastavit. Pokud dioda nesvítí, nastavení zdroje této záložky v danou chvíli nefunguje.

Příklad použití časově ovládaného zdroje:



Obrázek 32 – Časové nastavení zdroje: příklad použití, graf napětí závislé na čase

13.3 Záložka Napětí, proudy

Sekvenční měření | Jednotlivé nastavení | **Napětí, proudy** | Teploty | Grafy zmerených hodnot | Kompenzační napětí

CH1 - 24
☐ OFF/ON

CH1 CH2 CH3 CH4 CH5 CH6 CH7 CH8
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

Napětí [V] 0 0 0 0 0 0 0 0

Proud [A] 0 0 0 0 0 0 0 0

CH9 CH10 CH11 CH12 CH13 CH14 CH15 CH16
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

Napětí [V] 0 0 0 0 0 0 0 0

Proud [A] 0 0 0 0 0 0 0 0

CH17 CH18 CH19 CH20 CH21 CH22 CH23 CH24
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

Napětí [V] 0 0 0 0 0 0 0 0

Proud [A] 0 0 0 0 0 0 0 0

PRIDÁVNÉ PROUDY [A]:

ch 1 ch 2 ch 3
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

0 0 0

ch 4 ch 5 ch 6
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

0 0 0

ch 7 ch 8 ch 9
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

0 0 0

ch 10 ch 11 ch 12
☐ OFF/ON ☐ OFF/ON ☐ OFF/ON

0 0 0

Obrázek 33 – Vizualizace záložka Napětí, proudy

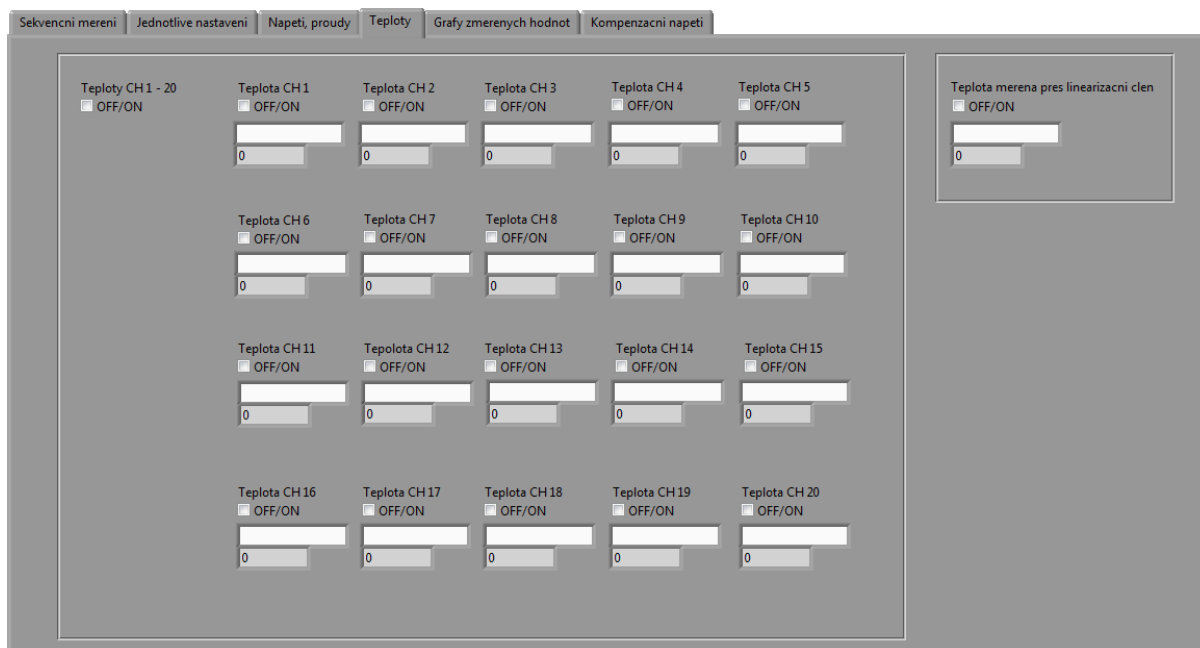
Zvolení napěťových a proudových kanálů, které budou změřeny a následně zobrazeny. Ovládání jednotlivých kanálů pomocí zaškrťovacích polí, které lze během měření nezávisle měnit. Pole „CH1-24“ znamená proměření všech 24 kanálů. Přídavné proudy ovládány pouze samostatně. Jednotky změřených hodnot napětí – volt [V], proudů a přídavných proudů – ampér [A].

Nad každým numerickým zobrazovačem je textový ovládací prvek, liší se bílou barvou vnitřního pole. Do tohoto ovládacího prvku se vypisuje název měřeného kanálu, kvůli lepší orientaci v textovém souboru. Maximální délka názvu je 15 znaků, zbylé znaky nejsou do souboru zapsány. Zůstanou-li kanály nepojmenované, do souboru jsou ukládány následující názvy: napětí **Voltage ch1** – **Voltage ch24**, proudy **Current ch1** – **Current ch24**, přídavné proudy **Add Curr. ch1** – **Add Curr. ch12**. Pojmenování kanálů musí být uskutečněno ještě před prvním měřením a tedy před uložením souboru. Názvy kanálů slouží, jako hlavičky změřených hodnot řazených do sloupců.



Obrázek 34 – Barevné označení zdírek předního panelu testovacího stánku

13.4 Záložka Teploty



Obrázek 35 – Vizualizace záložka Teploty

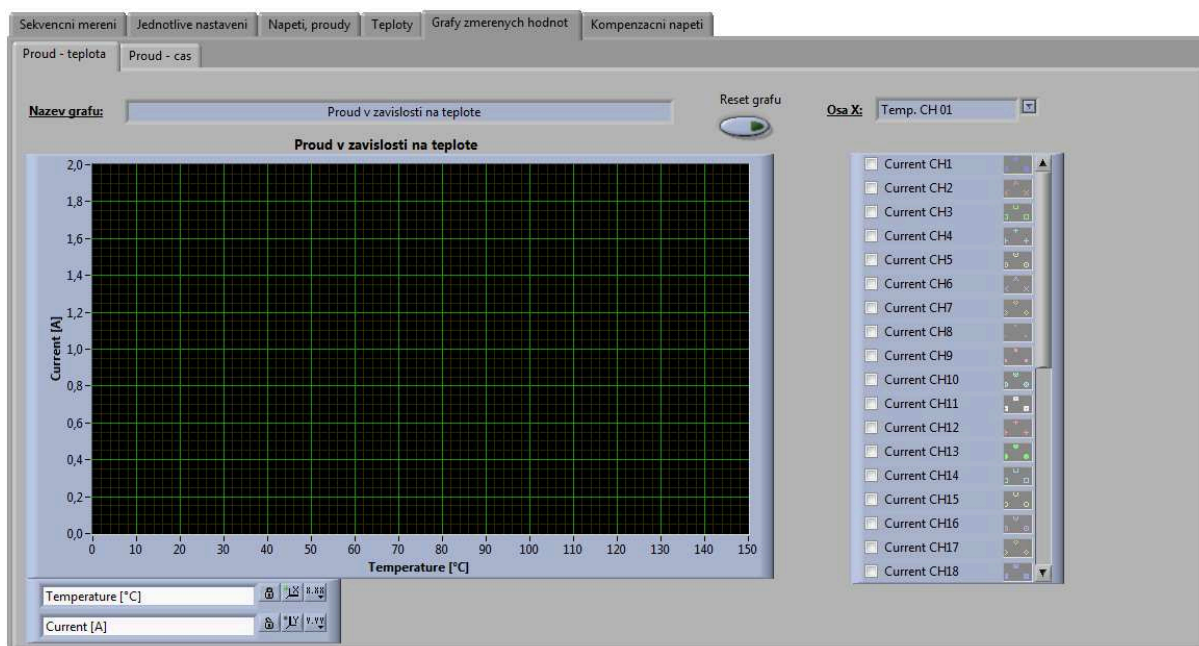
Ovládání a zobrazování měřených teplot. Opět pomocí zaškrtnutých polí jsou voleny kanály, které budou měřeny. Zaškrtnutí pole „*Teploty CH1-20*“ proměří všech dvacet kanálů. Pojmenování jednotlivých kanálů je totožné a platí stejná pravidla, jako v záložce Napětí, proudy. Krom dvaceti kanálů měřených přímo multimetrem existuje tzv. „*Teplota merena přes linearizacni clen*“, která plní funkci porovnávací teploty nebo měření teploty prostředí. Typ měření této teploty je trochu odlišný, protože multimetr neměří přímo teplotu, jako u všech dvaceti kanálů ale napětí z AD597 převodníku (linearizátor). Veškeré změřené teploty mají jednotku stupeň celsia [°C].

13.5 Záložka Grafy změřených hodnot

Vykreslení změřených hodnot v grafech slouží pro informaci a kontrolu testu. Výrazně odlišné hodnoty ihned napovídají o vadném vzorku nebo špatném zapojení. Je-li obvod špatně zapojen, test musí být přerušen. Informace o správnosti zkoušky jsou důležité z důvodu časového limitu, kterým je svázán každý test. Například opakované spouštění dlouhodobého testu, stojí výraznou časovou propast pro vývojové techniky. Další problém by mohl nastat, v rezervování klima komor, které jsou velmi vytížené. Volné místo se potom hledá jen stěží.

Jsou-li průběhy bez větších chyb, lze obrázek přímo exportovat a použít ve vyhodnocujícím protokolu. Každý protokol obsahuje grafy s průběhy naměřených hodnot. Přímý export obsluže usnadňuje a krátí čas s prací v Excelu. Postup exportu grafu: pravým tlačítkem myši kliknout do prostoru grafu → v nabídce vybrat *export* → *Export Simplified Image* → vybrat umístění a název obrázku *Save to file* → potvrdit *OK* a uložit *Save*. Obrázek je uložený ve formátu *.bmp. Další možnosti exportu z grafu jsou *Export Data To Clipboard* (schránka – funkce OS), *Export Data To Excel* (Microsoft Excel) a *Export Data To DIAdem* (DIAdem).

13.5.1 Vykreslení grafu Proud – teplota



Obrázek 36 – Vizualizace záložka Grafy změřených hodnot (Proud - teplota)

Zobrazení průběhů proudů v závislosti na jednom průběhu teploty. Změřené hodnoty ihned zobrazeny v grafu, který je přednastaven jako bodový. Typ grafu *XY Graph* pro zobrazení numerických dat jednoho nebo více průběhů s libovolnou vzdáleností na kterékoliv ose. Pozice každého z vykreslených bodů je definována souřadnicí x a y.

Legenda stupnic (Scale Legend), změna nastavení osy x a y:



- **Osa x:** název stupnice, zapnuto autoškálování osy, formát stupnice celočíselný.
- **Osa y:** název stupnice, vypnuto autoškálování osy, formát stupnice decimální s přesností na jedno desetinné místo.



Tlačítko *AutoScale* zapíná nebo vypíná trvalé autoškálování (autoscaling) dané stupnice.



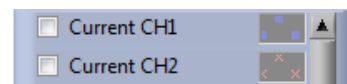
Tlačítko *AutoScale One* provádí jednorázové autoškálování dané stupnice.



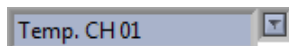
Tlačítko *Scale Format* slouží k nastavení formátu dané stupnice.

Legenda průběhů:

Jména průběhů lze libovolně přepisovat ovšem konkrétní názvy značí, o který měřený kanál se jedná. Každý průběh obsahuje volbu zobrazení v grafu zaškrtnutím pole. Počáteční nastavení viditelnosti průběhu je deaktivované pro všechny kanály z důvodu velkého množství vykreslených čar v grafu a tedy nepřehlednosti. Obsluha musí navolit, které průběhy potřebuje mít vykreslené. Viditelnost průběhů lze měnit také po skončení testu, všechny změřené hodnoty jsou totiž ukládány v paměti. Typ čáry respektive bodu lze měnit kliknutím pravého tlačítka myši na obdélníček s černým pozadím, který obsahuje konkrétní typ a barvu bodu. Menu nabízí mnoho možností nastavení např. *Common Plots* – typ průběhu (bodový, body spojené čarou, hodnoty spojené pouze čarou bez bodů atd.), *Color* – barva průběhů, *Line Style* – typ vykreslující čáry (plná, přerušovaná, čerchovaná atd.), *Line Width* – tloušťka čáry nebo bodu, *Point style* – typ bodu, a mnoho dalších nastavení.



Výběr kanálu osy x:



Výběr z pole textových řetězců *Temp. CH 01* – *Temp. CH 20*, *Temp. lin. clen*. Celkem 21 kanálů, které lze použít pro osu x.

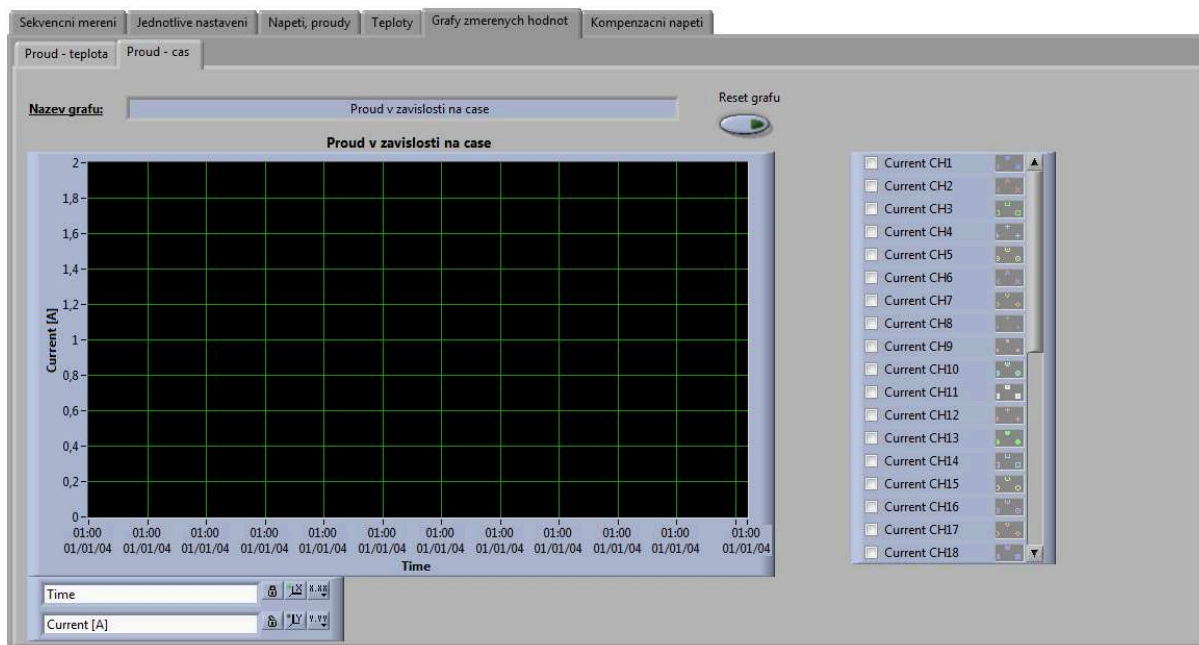
Měřené hodnoty proudů musí být porovnávány s měřenou teplotou okolí testovaného vzorku nebo jinou specifickou teplotou. Aby nebyl pevně stanoven kanál, který bude tuto teplotu měřit, lze osu x zvolit výběrem z dvaceti kanálů a jednoho kanálu měřeného přes linearizační člen. Výběr ovšem musí proběhnout před spuštěním měření, není možno vybírat kanál v průběhu nebo po skončení měření, jak u legendy průběhů (viditelnost průběhů). Zvolenou osu si lze představit jako úložiště změřených hodnot proudů, proto není doporučeno měnit kanál osy x po spuštění měření.

Kompletní vymazání grafu provede úplný restart aplikace nebo tlačítko „*Restart grafu*“. Restartování grafu tlačítkem je možno pouze probíhá-li měření, protože nové načtení grafu společně

s novými hodnoty, přepíše veškeré předešlé průběhy. Tlačítko na pozici TRUE čeká na další cyklus měření, aby došlo k restartování grafu. Ještě v tom samém cyklu se vrací do zpětné polohy.

Poslední možnost nějakého nastavení je název grafu. Ten se vypisuje do textového ovládacího prvku v horní části záložky. Základní název grafu je „Proud v závislosti na teplotě“. Případná změna musí být provedena před posledním měřením, jinak napsaný text zůstane pouze v ovládacím prvku a nebude zapsán do vlastností grafu.

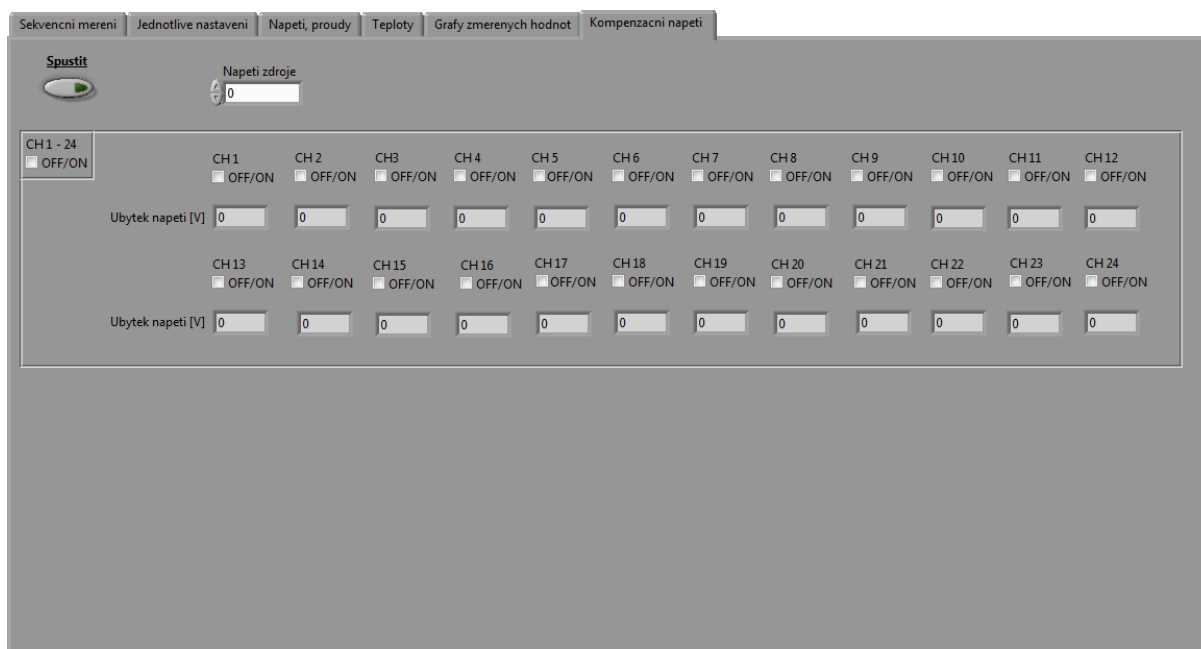
13.5.2 Vykreslení grafu Proud – čas



Obrázek 37 – Vizualizace záložka Grafy změřených hodnot (Proud - čas)

Zobrazení průběhů změřených proudů v závislosti na čase. Ovládání je stejné jako u předešlé záložky Proud-teplota s jediným rozdílem. Protože tento typ grafu nevykresluje dvě změřené hodnoty závislé na sobě ale pouze jednu hodnotu v závislosti na čase, byl použit typ grafu *Waveform Chart*. Tento typ grafu zobrazuje numerická data jednoho nebo více průběhů s konstantní vzdáleností bodů na ose x. V tomto případě se jedná o čas a znamená to, že změřené hodnoty v jednom cyklu jsou zobrazeny ve stejnou dobu. Nevybírání se tedy x-ová osa, což je jediný rozdíl v ovládání. Hodnoty času a data jsou uvedeny podle operačního systému počítače ve formátu HH:MM D/M/Y – 2 digit year (rok). Mód zobrazení: *Strip Chart* – Postupné zobrazení dat zleva směrem vpravo. Staré data odsazená vlevo ale zůstávají na displeji, graf se s více daty smršťuje. *Waveform Chart* disponuje pamětí, délka historie je změněná z původních 1024 bodů na 65000 bodů. Dostatečně bezpečná velikost historie nemůže být překročena počtem změřených hodnot.

13.6 Záložka Kompenzační napětí



Obrázek 38 – Vizualizace záložka Kompenzační napětí

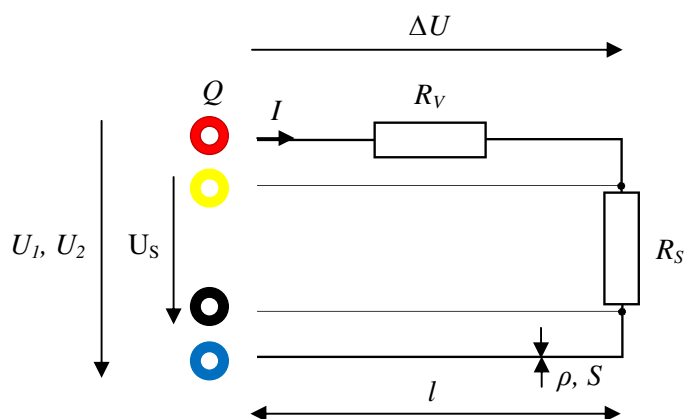
Záložka Kompenzační napětí informuje, jaký úbytek napětí vznikl na měřicí kabeláži. Výsledné údaje slouží k změně nastavení napájecího zdroje, aby testované vzorky byly napájeny správnou velikostí napětí. Zobrazené hodnoty se liší podle typu kabeláže, záleží na celkovém odporu drátu, konektorů a přechodovém odporu spojů. Protože úbytek napětí nemůže být na všech kanálech stejný, tak kompenzační napětí pouze optimalizuje napěťovou ztrátu a nebude nikdy ideální.

Použití: První krok nastavit požadované napájecí napětí. Výběr kanálů, které budou měřeny a naposled stisknutí tlačítka „Spustit“, to aktivuje měření.

Sled událostí, které se automaticky provedou po stisknutí spouštěcího tlačítka: 1) Nastavení napájecího zdroje. 2) Nastavení analogového napájecího signálu. 3) Změření napětí testovaných vzorků. 4) Vypnutí napájecích kanálů. Není-li tlačítko „Spustit“ deaktivované, proces se stále opakuje.

Měření úbytku napětí na měřicí kabeláži:

Elektrická energie přenesená od zdroje k testovaným vzorkům urazí přes vedení určitou vzdálenost, která zvyšuje odpor vedení. Ten dělá z obvodu napěťový dělič a snižuje tedy napětí testovaného vzorku v důsledku napěťového úbytku na vedení. Proto kompenzační napětí ukazuje, jaká velikost napětí je potřeba přičíst k stávajícímu napětí zdroje.



Obrázek 39 – Úbytek napětí na měřicím kabelovém svazku

- U_1 – Napájecí napětí (bez kompenzace úbytku napětí na vedení).
- U_2 – Napájecí napětí (s kompenzací).
- U_S – Napětí na vstupních svorkách spotřebiče (testovaného vzorku).
- ΔU – Úbytek napětí na vedení.
- I – Celkový proud vedení.
- R_S – Odpor spotřebiče.
- R_V – Odpor vedení.
- l – Délka vedení (pouze jedním směrem).
- ρ – Rezistivita materiálu vedení.
- S – Průřez vodiče.
- Q – Zdířky předního panelu.

Odpor vedení:

$$R_V = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad [\Omega, \mu\Omega \cdot m, m, mm^2] \quad (13.1)$$

Úbytek napětí:

$$\Delta U = R_V \cdot I, \quad \Delta U = U_1 - U_2 \quad (13.1), (13.2)$$

Metoda přičítání lze použít jen proto, že úbytek napětí vychází v milivoltech. Větší hodnota úbytku napětí na vedení v řádech voltů by zvýšení napájecího napětí mnoho neřešila, kvůli poměru odporů napěťového děliče.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo pro firmu Hella Autotechnik s.r.o. vytvořit měřicí zařízení, které zvládá měřit napětí, proudy a teploty led modulů používaných v automobilové technice. Změřené hodnoty jsou spolehlivě ukládány do textového souboru, popřípadě vykresleny v grafech pro průběžnou kontrolu testu. Textový soubor je hlavním výstupem pro vyhodnocení testů. Celý systém je navržen a dimenzován pro testování led modulů, které vykazují velice nízký proudový odběr. Jiné světelné technologie není doporučeno z důvodu velkých proudů na tomto zařízení měřit.

Testovací stánek ovládá pomocí vývojového prostředí LabVIEW napájecí zdroj Delta a digitální multimetr Keithley. Vybraný stejnosměrný zdroj nedisponuje příliš vysokou úrovní napětí, ovšem pro automobilovou techniku postačí maximální napětí 24 V. Důraz kladen na proudový rozsah, který činí až 45 A. Tento rozsah je potřeba zejména pro možnost testování velkého počtu vzorků. Spolehlivé měření požadovaných veličin zajišťuje měřicí přístroj Keithley 2700. Změřená data jsou ukládána do textového souboru, který i při dlouhodobých testech (např. měsíc) nezabírá příliš mnoho místa v paměti.

Další ovládací prvek řízen přes LabVIEW je výstupní digitální PCI karta, ta ovládá přepínací kartu. Na této kartě je vybírán jednotlivě pro každý napájecí kanál jeden charakteristický napájecí signál. Možnosti napájení jsou: stejnosměrné napětí o nastavitelné úrovni, blinkr signál, PWM signál pro ovládání intenzity osvětlení led modulů, nebo stav vypnuto. Přepínací karta obsahuje řadu multiplexorů, které na základě výstupních logických kombinací z PCI karty vybírají napájecí signály.

Elektrické testy led modulů jsou obvykle prováděny při určitých teplotních, klimatických podmínkách, které vytváří klima komory nebo temperanční pece. Aby byl stánek synchronní s těmito zařízeními a měřil vzorky jen tehdy, je-li to potřeba, byla vytvořena komunikace pomocí měření klima kontaktu. Měří se odpor tohoto kontaktu. Nekonečně velký odpor vykazuje nepřipravenou klima komoru, která může být stále v setrvačné fázi. Až je kontakt sepnutý, odpor je nulový a měření může začít po dobu požadovaných podmínek. Měření klima kontaktu lze nastavit, po jakých časových intervalech bude opětovně měřeno.

Ovládání aplikace testovacího stánku je podrobně popsáno v této práci a lze ji z části využít jako návod k použití. Případné opravy nebo rozšíření programu je možné dohledat nebo nastudovat v popisu části zdrojového kódu. Hlavní výhodou je snadné, jednoznačné ovládání stánku a multifunkčnost. Testovací stánek běží téměř nepřetržitě dva měsíce bez sebemenších potíží. Úspěšně má za sebou také měření v externí laboratoři a s tím související manipulaci. Pevná konstrukce umožňuje bezproblémový převoz, když nastane problém s obsazením klima komor a je zapotřebí využít jiné firmy, která tyto komory vlastní.

Literatura

- [1] Keithley Model 2700. *Keithley Instruments* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://www.keithley.nl/rpCMSimg/1153>](http://www.keithley.nl/rpCMSimg/1153)
- [2] Keithley Model 2700. *Model 2700 Multimeter/Switch System User's Manual*. 2002. Dostupné z: Elektronická příloha na CD, Digitální multimetr Keithley 2700
- [3] katalogový list: DELTA ELEKTRONIKA B.V. In: *SM 1500-Series* [online]. 2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://www.delta-elektronika.nl/upload/dts_sm1500.pdf>](http://www.delta-elektronika.nl/upload/dts_sm1500.pdf)
- [4] katalogový list: DELTA ELEKTRONIKA B.V. In: *PSC-ETH - Ethernet Power Supply Controller* [online]. 2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://www.delta-elektronika.nl/upload/dts_ethernet-interface.pdf>](http://www.delta-elektronika.nl/upload/dts_ethernet-interface.pdf)
- [5] katalogový list: RS Components. *HIRSCHMANN Test & Measurement* [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1255/0900766b81255e02.pdf>](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/1255/0900766b81255e02.pdf)
- [6] katalogový list: RS Components. *Miniature Quick Wire Sockets* [online]. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/11a6/0900766b811a6233.pdf>](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/11a6/0900766b811a6233.pdf)
- [7] katalogový list: RS Components. *NOVASTAR* [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/10d1/0900766b810d1664.pdf>](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/10d1/0900766b810d1664.pdf)
- [8] HÁJEK, J. *Blikače s časovačem 555*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-196-9.
- [9] katalogový list: Analog Devices. *AD596/AD597* [online]. 1998 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [www <http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD596_597.pdf>](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD596_597.pdf)
- [10] VLACH, J., J. HAVLÍČEK a M. VLACH. *Začínáme s Labview*. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [11] WITTASSEK, Tomáš. *Virtuální instrumentace I*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2012. Sylaby do předmětu Virtuální instrumentace I.

Seznam použitých obrázků

- Obrázek 1 – Digitální multimetr Keithley 2700
- Obrázek 2 – DC zdroj Delta Elektronika SM 1500 Series
- Obrázek 3 – Rozměry zdířek a zásuvek předního panelu
- Obrázek 4 – Návrh čelního panelu
- Obrázek 5 – Výběr přístrojové skříně
- Obrázek 6 – Umístění přístrojů v přístrojové skříni
- Obrázek 7 – Obvod s multiplexorem a výkonovou částí
- Obrázek 8 – Stabilizátor napětí
- Obrázek 9 – Astabilní KO s časovačem TS555CN
- Obrázek 10 – Signál astabilního KO
- Obrázek 11 – Přední strana desky plošného spoje PWM generátoru
- Obrázek 12 – Blokové schéma měřicího řetězce
- Obrázek 13 – Měření napětí, teploty a odporu
- Obrázek 14 – Měření proudu
- Obrázek 15 – Vnitřní zapojení převodníku
- Obrázek 16 – Schéma zapojení převodníku
- Obrázek 17 – Měřicí kabel pro napětí a proudy
- Obrázek 18 – Proudový měřicí kabel
- Obrázek 19 – Příklad čelního panelu a blokového digramu
- Obrázek 20 – Výběr z paletového menu Controls
- Obrázek 21 – Výběr z paletového menu Functions
- Obrázek 22 – Základní vývojový diagram hlavního programu
- Obrázek 23 – Měření digitálním multimetrem Keithley
- Obrázek 24 – Řízení napěťového zdroje Delta SM 35-45
- Obrázek 25 – Obsazení pinů PCI karty
- Obrázek 26 – Zdrojový kód programu pro nastavení příslušných kanálů
- Obrázek 27 – Nactení pole 1-12.vi zdrojový kód
- Obrázek 28 – Konfigurační okno Write To Measurement File Expres VI
- Obrázek 29 – Zdrojový kód ukládání do souboru
- Obrázek 30 – Vizualizace záložka Sekvenční měření
- Obrázek 31 – Ukázka použití záložky Sekvenční měření
- Obrázek 32 – Vizualizace záložka Jednotlivé nastavení
- Obrázek 33 – Časové nastavení zdroje: příklad použití, graf napětí závislé na čase
- Obrázek 34 – Vizualizace záložka Napětí, proudy
- Obrázek 35 – Barevné označení zdířek předního panelu testovacího stánku
- Obrázek 36 – Vizualizace záložka Teploty
- Obrázek 37 – Vizualizace záložka Grafy změřených hodnot (Proud - teplota)
- Obrázek 38 – Vizualizace záložka Grafy změřených hodnot (Proud - čas)
- Obrázek 39 – Vizualizace záložka Kompenzační napětí
- Obrázek 40 – Úbytek napětí na měřicím kabelovém svazku

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 – Kombinace vstupních bitů multiplexoru

Tabulka 2 – Zapojení měřicí karty 7708 a 7702

Tabulka 3 – Konstanty charakterizující typ signálu pro CH 1 - 12

Tabulka 4 – Konstanty charakterizující typ signálu pro CH 13 - 24

Seznam příloh

Elektronická příloha na CD

Adresář:

Aplikace testovacího stánku:

Digitální karta PCI_DIO_96:

Digitální multimetr Keithley 2700:

Návrh čelního panelu:

Přepínací karta:

Převodník AD597:

Příklady textového souboru:

Zdroj Delta Elektronika SM 35-45:

Obsah:

Kompletní souhrn všech VI aplikace, včetně potřebných knihovních VI pro ovládání multimetru a zdroje. Ve složce *Hlavní program* vygenerovaná konečná verze EXE aplikace.

Manuál výstupní digitální karty PCI DIO 96 od firmy National Instruments.

Rozsáhlý manuál digitálního multimetru Keithley, konkrétně model 2700.

Výkres navrženého panelu ve formátu (*.dwg) AutoCAD 2000 + datasheet termočláňkových zásuvek a připojovacích zdířek.

Layout přepínací karty vytvořený Ing. Martinem Valouchem.

Dasheet převodníku AD596/597.

Textové soubory dvou provedených testů. Slouží pro ukázkou ukládání změřených dat.

Datasheet zdroje Delta Elektronika SM 1500-Series + ethernetové rozhraní (programátor PSC-ETH).